

Enningdalsvassdraget - En ferskvannsbiologisk dokumentasjon. Del 2 - Fisk

Trygve Hesthagen
Bjørn Walseng
Leif Roger Karlsen



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Enningdalsvassdraget,
en ferskvannsbiologisk dokumentasjon.
Del 2 - Fisk

Trygve Hesthagen
Bjørn Walseng
Leif Roger Karlsen

Enningdalsvassdraget, en ferskvannsbiologisk dokumentasjon. Del 2 -
Fisk. - NINA Rapport 1235. 43 s.

Trondheim, mai 2017

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2875-6

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Trygve Hesthagen og Bjørn Walseng

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund

ANSVARLIG SIGNATUR

Ingeborg Palm Helland

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Fylkesmannen i Østfold

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Håvard Hornnes

FORSIDEBILDE

Bjønntjern, Foto: Bjørn Walseng

NØKKEWORD

Enningdalsvassdraget

Østfold (Halden og Aremark kommuner)

Innsjøer

Fisk

Forsuring

Kalking

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkeltgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Hesthagen, T. Walseng, B. & Karlsen, L.R. 2017. Enningdalsvassdraget, en ferskvannsbio-logisk dokumentasjon. Del 2 - Fisk. NINA Rapport 1235. 43 s.

Denne rapporten oppsummerer resultatene av de fiskebiologiske undersøkelsene i innsjøer i Enningdalsvassdraget i perioden 2002 til 2009. Totalt er 60 innsjøer prøvefisket med standard bunngarn (oversiktsgarn). Dette omfattet en dominerende andel av lokalitetene med et areal over ca. 1,2 hektar. I tillegg ble det fisket med flytegarn i fem innsjøer. Utbyttet (Cpue) er angitt som fangst pr. 100 m² garnareal pr. natt. I tillegg til prøvefiske i de 60 innsjøene foreligger det opplysninger om forekomst av ulike fiskearter i åtte andre mindre innsjøer. Det innebærer at forekomst av ulike fiskearter er vurdert i totalt 68 innsjøer. Vannprøver ble tatt samtidig med prøvefisket, som ble analysert mht. til pH, ulike fraksjoner aluminium (Al) og anioner/kationer for beregning av syre-nøytraliserende kapasitet (ANCoaa). Følgende deler har inngått i undersøkelsen; (i) kartlegging av utbredelsen til ulike fiskearter, (ii) dokumentasjon av fiskeskadene, (iii) fangstutbytte ved garnfiske (Cpue), (iv) bestandsstruktur og (v) sammenhengen mellom fangstutbytte og vannkvalitet.

Enningdalsvassdraget ligger i den sørøstlige delen av Østfold, hovedsakelig innenfor Halden kommune. Nedbørfeltet er på totalt 780 km², og av dette ligger ca. 2/3 på svensk side. De fleste innsjøene har et areal på 3-10 hektar og et maksimum dyp på 5-10 m. De største innsjøene er Nordre Boksjø (2,045 km²), Ørsjøen (6,351 km²) og Søndre Boksjø (8,128 km²). Vannene er lokalisert fra 17 til 243 m o.h., med marin grense på 174 m o.h. Berggrunnen består hovedsakelig av gneiser, og med noe granitt. Innsjøene i vassdraget er sterkt humuspåvirkta med et dominerende siktedyp på 1-2 m.

I Enningdalsvassdraget inkludert Enningdalselva og Ørbekken er det i dag påvist 22 fiskearter. Prøvefiske i de 60 innsjøene ga et utbytte på 7131 individ fordelt på 11 arter. Abbor er den desidert vanligste art og har forekommet i minst 62 innsjøer. Gjedde og mort er de to sub-dominante artene med henholdsvis 26 og 29 opprinnelige bestander. De fleste innsjøer har vært sterkt forsuret i flere ti-år. Dette gjelder spesielt de over marin grense i nord, både mht. pH (4,6-4,9) i pH og uorganisk Al (40-80 µg/L). Hos abbor var fangstutbyttet (Cpue) signifikant korrelert til pH, uorganisk Al og syre nøytraliserende kapasitet (ANCoaa), og hos mort til ANCoaa.

I Enningdalsvassdraget er 24 av innsjøene som inngår i undersøkelsen blitt kalka, inkludert to i henholdsvis 2010 og 2013. I tillegg kommer 16 mindre tjern som har vært kalka siden 1995. Disse lokalitetene utgjør ca. 92 % av vassdragets innsjøareal. Noen lokaliteter er påvirket av kalking, f. eks Kirkevatn og Rødsvatn. Kalkingen har gitt god vannkvalitet i alle berørte innsjøer, med gjennomsnittlig pH og uorganisk Al på henholdsvis 6,27 og 11 µg/L. Kalkingen er nå avsluttet i åtte innsjøer etter hvert som vannkvaliteten har bedret seg på grunn av mindre sur nedbør. Dette startet med Bordtjern i 1999, Brønntjern og Lysevatn i 2006 (gjenopptatt i 2013), mens ytterligere seks innsjøer ble tatt ut av programmet i 2012.

Enningdalsvassdraget har vært rammet av store forsureningsskader på fisk med tap av minst 57 av 154 kjente bestander (37,0 %). Tapene fordelte seg slik: mort (n=19), abbor (n=9), aure (n=8), vederbuk (n=6), ørekyt (n=4), krøkle (n=4), gjedde (n=3), røye (n=3) og sik (n=1). Etter kalking har aure blitt gjeninnført i fire innsjøer basert på settefisk, ørekyt i én innsjø (trolig av fiskere ved bruk som agn) og røye i én innsjø basert på settefisk. Lav reetableringsgrad til tross for bedre vannkvalitet skyldes mangel på donor-bestander og fysiske vandringshindre. Gjenskapingen av de opprinnelige fiskesamfunnene er derfor avhengig av aktive utsettinger.

Trygve Hesthagen, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim. Email: trygve.hesthagen@nina.no. Bjørn Walseng, Gaustadbekkalleen 21, 0349 Oslo. Email: bjorn.walseng@nina.no. Leif Roger Karlsen, Fylkesmannen i Østfold, Miljøvern avdelingen, Postboks 325, 1502 Moss. Email: fmoslrk@fylkesmannen.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
1 Innledning	6
2 Områdebeskrivelse	7
2.1 Nedbørfeltet.....	7
2.2 Kalking.....	7
3 Metoder og materiale	12
3.1 Vannkjemi.....	12
3.2 Fiskeundersøkelser.....	12
3.3 Forekomst av ulike fiskearter i vassdraget.....	13
4 Resultater	16
4.1 Vannkjemi.....	16
4.2 Fiskestatus i innsjøer.....	16
4.2.1 Fiskestatus i noen mindre tjern i Eljagreina.....	16
4.2.2 Fiskestatus i vassdraget totalt.....	17
4.2.2.1 Abbor.....	17
4.2.2.2 Mort.....	19
4.2.2.3 Gjedde.....	21
4.2.2.4 Ørekyt.....	23
4.2.2.5 Vederbuk.....	23
4.2.2.6 Røye.....	23
4.2.2.7 Aure.....	24
4.2.2.8 Andre arter.....	24
4.3 Fangstutbytte ved prøfefiske.....	26
4.3.1 Abbor.....	27
4.3.2 Mort.....	27
4.3.3 Sympatriske bestander av abbor og mort.....	27
4.3.4 Andre arter.....	29
4.4 Fangstutbytte vs. vannkvalitet hos abbor og mort.....	30
4.4.1 Abbor.....	30
4.4.2 Mort.....	31
5 Diskusjon	33
6 Referanser	36
Vedlegg	39

Forord

Denne rapporten sammenstiller resultatene fra de fiskeundersøkelsene i 60 innsjøer i Enningdalsvassdraget i Østfold i perioden fra 2002 til 2010. Prosjektet var finansiert av daværende Direktoratet for naturforvaltning, nå Miljødirektoratet. Roy Langåker takkes for oppfølgingen av prosjektet gjennom flere år. Det rettes videre en takk til Lilja Gunnarsson i Tanum kommun for opplysninger om kalking på svensk side av vassdraget. Utarbeidelsen av denne rapporten er bekostet av NINA, med støtte fra Fylkesmannen i Østfold. Del 1 – Krepsdyr fra samme prosjekt er tidligere publisert i NINA Rapport 827.

Mai 2017

Trygve Hesthagen

1 Innledning

Sur nedbør har siden slutten av 1800-tallet påvirket vannkvaliteten i mange vassdrag i Sør-Norge (Mylona 1993). Dette resulterte også i store skader og tap av fiskebestander (Sevaldrud & Muniz 1980). I SNSF-prosjektet på 1970-tallet ble disse skadene på innsjølevende fiskebestander dokumentert vha. intervjuundersøkelser. Forsuringsskadene var størst på Sørlandet, men flere områder på Østlandet var også berørt (jf. **figur 1**). Dette gjaldt ikke Enningdalsvassdraget i Østfold, et grensevassdrag til Sverige. I dette fylket ble den første regionale kartleggingen av vannkvalitet og fiskeskader foretatt allerede i 1950-51 (Vasshaug 1990). I undersøkelsen inngikk ca. 150 innsjøer og tjern fordelt på flere kommuner, bl.a. flere lokaliteter i Enningdalsvassdraget. Dette representerer følgelig et viktig referansemateriale. Her ble det påvist en rekke sure vann, og en mulig sammenheng mellom vannkvalitet og fiskeskader. Vasshaug la ned en stor innsats med å måle pH og samle inn data om næringsdyr og forekomst og bestandsstatus hos ulike fiskearter i Østfold (jf. Hesthagen & Vøllestad 2013).

Skadene på fiskebestandene i Enningdalsvassdraget startet trolig allerede for nærmere 100 år siden. I Nordre og Søndre Boksjø i nordlige deler av vassdraget ble det tidlig på 1900-tallet registrert en rik fiskefauna (Huitfeldt-Kaas 1918). Men i disse to innsjøene gikk trolig bestandene av både vederbuk og mort tapt allerede på 1920/30-tallet pga. forsuring (Almer 1972, Vasshaug 1990). Siden 1970-tallet har flere undersøkelser påvist ytterligere skader på fiskebestander i vassdraget, som mest sannsynlig skyldtes forsuring (Borgstrøm mfl. 1974). Boksjøene og flere mindre vann i samme område har ved flere anledninger også vært undersøkt mht. krepsdyr (Borgstrøm mfl. 1974, Walseng & Hansen 1994, Walseng & Karlsen 1997, Raddum mfl. 1998). For å bøte på forsuringsskadene på fisk og andre organismer, har det foregått en omfattende kalking siden 1980-tallet. Flere pH-målinger før kalkstart viste pH under eller rundt 5,0 (jf. Almer 1972, Borgstrøm mfl. 1974, Almer & Hanson 1980, Raddum mfl. 1984, Vasshaug 1990, Hesthagen mfl. 2007a; Walseng & Hesthagen 2010).

På 1990-tallet ble det i regi av DNs program "Biologisk overvåking av sur nedbør" samlet inn data om fiskestatus i Sør-Norge (Hesthagen mfl. 1994, 1999). Disse undersøkelsene viste at det hadde vært en kraftig økning av fiskeskadene i de siste ti-åra. I Østfold hadde f. eks. landarealet med slike skader økt fra ca. 22 % på 1970-tallet til ca. 41 % pr. 1992. På 2000-tallet var det fremdeles betydelige forsuringsskader på fisk i deler av fylket (Hesthagen & Østborg 2008).

I 2001 ble det satt i gang et større biologisk prosjekt i innsjøer i Enningdalsvassdraget (Hesthagen mfl. 2002). Fra 2002 til 2010 ble 60 innsjøer undersøkt mht. vannkjemi, krepsdyr og fisk. Dette omfattet de fleste lokaliteter med et areal over ca. 1,2 hektar. Noen av fiskeresultatene er tidligere publisert (Hesthagen mfl. 2007a, 2014, Walseng & Hesthagen 2010, Hesthagen mfl. 2014).

I perioden 2008-11 ble det gjennomført et INTERREG-prosjekt i vassdraget; «Prosjekt Enningdalselven». Det hadde bl.a. som målsetting å utvikle et faglig grunnlag for økt fiskeproduksjon og bedre utnyttelsen av fiskeressursene (Walseng mfl. 2011). Det ble utarbeidet skjøtselsplaner for vannkvalitet og fisk (Andersson mfl. 2012, Johansson & Hesthagen 2012). Det ble også foretatt uttesting av overvåkingsmetodikk for planteplankton, småkreps, bunndyr og fisk, for klassifisering av økologisk tilstand (Schartau mfl. 2012).

Denne rapporten oppsummerer resultatene av de fiskebiologiske undersøkelsene i Enningdalsvassdraget i løpet av 2000-tallet. Følgende deler har inngått; (i) kartlegging av utbredelsen til ulike fiskearter, (ii) dokumentasjon av fiskeskadene, (iii) fangstutbytte ved garnfiske, (iv) bestandsstruktur og (v) sammenhengen mellom fangstutbytte og vannkvalitet hos abbor og mort som er de to dominerende artene.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Nedbørfeltet

Enningdalsvassdraget er et grensevassdrag i den sørøstlige delen av Østfold, hovedsakelig innenfor Halden kommune. Noe av de nordøstlige deler av vassdraget ligger i Aremark kommune. Nedbørfeltet er på totalt 780 km², hvorav ca. ⅔ ligger på svensk side, i Strømsdal og Munkedal kommuner. Den norske deler av vassdraget ligger helt i nordvest, der det har sin opprinnelse i områdene rundt Nordre Boksjø (173 m o.h.) (**figur 1**). En kort elvestrekning skiller Nordre og Søndre Boksjø (167 m o.h.). Den sørøstlige delen av Søndre Boksjø ligger i Sverige. Nedstrøms innsjøen er det et mindre fossefall før Hallerødelva renner ut i Nordre Kornsjø (141 m o.h.). Dette vannet er delt i et nordre og søndre basseng med et trangt sund. Videre sørover går vassdraget i sin helhet på svensk side, og etter Mellan Kornsjön og Södra Kornsjön renner Kynne älv vestover og renner ut i nordlige delen av Södra Bullaresjön. Herfra renner vassdraget nordover via Langevallsälven til Nordre Bullaresjön. Etter utløp fra dette vannet følger vassdraget Riksgrensa ved Holtet, og over et kort parti er den på nytt grenseelv. Eljagreina ligger vest for Nordre Kornsjø og slutter seg til hovedvassdraget ved utløpet til Nordre Bullaresjön like ved riksgrensa. Elgåfossen ligger i nedre deler av dette sidevassdraget, og er med sine 34 m største fossefallet i Østfold. Enningdalselva fortsetter videre nordover gjennom Kirkevatn og Rødsvatn og renner til slutt ut i sørenden av Iddefjorden.

På norsk side av Enningdalsvassdraget er det 60-75 innsjøer med et areal på > ca. 1,2 hektar (**figur 2, tabell 1**). I tillegg fins det relativt mange mindre innsjøer. De fleste innsjøene i vassdraget har et areal på 3-10 hektar og et maksimum dyp på 5-10 m. Det totale innsjøarealet er beregnet til ca. 29 km². De største innsjøene er Nordre Boksjø (2,045 km²), Ørsjøen (6,351 km²) og Søndre Boksjø (7,885 km² på norsk side). De fleste vannene er lokalisert mellom 120 og 220 m o.h. Marin grense ligger på 174 m o.h. Berggrunnen består hovedsakelig av gneiser, og med noe granitt. Nedbørfeltet fordeles på barskog (ca. 70 %), ferskvann (ca. 11 %), myr (ca. 11 %) og dyrket mark (ca. 8 %). Vegetasjonen på fjellryggene i høyereliggende strøk i nord er relativt fattig med bjørk og furu som dominerende treslag. På de marine avsetningene i lavereliggende områder er vegetasjonen rikere og mer variert. Innsjøene i Enningdalsvassdraget er til dels sterkt humuspåvirkta med siktedyp på 0,7-4,0 m (**tabell 1**). Trestikket skiller seg ut med et siktedyp på 6,0 m.

Enningdalselva har på norsk side ei anadrom strekning på 13 km. Den består vesentlig av innsjøer og stilleflytende partier, og bare ca. 3 km vurderes som egnet til gyte- og oppvekstområde for laksefisk. Enningdalsvassdraget ble i 2002 etablert som et nasjonalt laksevassdrag. Mynighetene har til sammen opprettet 52 slike vassdrag, i tillegg til 29 nasjonale laksefjorder. Hensikten var å sikre de viktigste laksebestandene i landet et særskilt vern.

2.2 Kalking

Totalt har 24 innsjøer som har inngått i undersøkelsen vært kalka (**tabell 2**). To innsjøer ble kalka etter at undersøkelsene ble avsluttet; Øvre Steinlundtjern (2010) og Kroktjern (2013). I tillegg til de lokalitetene som har inngått i undersøkelsene (jf. **tabell 2**), har 16 andre mindre tjern blitt kalka årlig med 1-4 tonn kalk siden 1995. Rødsvatn og Kirkevatn er påvirket av kalkingen lengre oppe i vassdraget. På norsk side av vassdraget utgjør de kalka innsjøene ca. 92 % av innsjøarealet. Nordre Hogsjø ble kalka allerede i 1972, basert på jordbrukskalk. Arbeidet ble utført på dugnad av Arbeidernes JFF i Halden (Hesthagen mfl. 2002). Søndre Hogsjø ble kalka både høsten 1972 og våren 1973, i samarbeid med svenske fiskerimyndigheter. Det ble benyttet henholdsvis 10 og 20 tonn jordbrukskalk. Den første kalkingen hadde imidlertid ingen særlig effekt på vannkvaliteten, idet pH etter kort tid var på samme nivå som før kalking (4,8-4,9). Men etter kalkingen i 1973 steg pH raskt til 6,0. Ørsjøen og Trolldalsvatn ble kalka for første gang i 1986.

Nordre og Søndre Hogsjø ble kalka på nytt samme år. Fra og med 1990 ble ytterligere 16 mindre vann i vassdraget kalka.

Nordre Boksjø ble kalka første gang i 1985, med 60 tonn kalksteinsmel (Walseng & Hesthagen 2010). Innsjøen ble kalka på nytt i 1988, med 275 tonn Norcem kalksteinsmel av typen SR. I 1994 ble det foretatt en ny kalking med 67 tonn kalksteinsmel av typen FF (Walseng & Hansen 1994). Fra 2000 til 2010 ble det hvert år kalka med 60-83 tonn (Walseng & Hesthagen 2010). I perioden 2011-2016 har den årlige kalkingen vært på 75 tonn.

Søndre Boksjø ble kalka på svensk side første gang i 1980, med 1675 tonn kalksteinmel (Johansson & Nilsson 2007). I de siste åra har kalkingen omfattet 1100 tonn kalksteinmel i 2007, 1025 tonn i 2010 og 300 tonn hver år fra 2014 til 2016 (Lilja Gunnarsson, Tanums kommun, pers. med.). Nordre Kornsjø ble kalka med 330-360 tonn hvert år fra 2007 til 2012, og med 100 tonn hvert år fra 2014-16. Søndre Kornsjø ble kalka med 90 tonn hvert år i 2007-09. Svenske myndigheter kalker også Søndre Hogsjø (Hosjön) (Gunnarsson 2016). I 2005, 2008 og 2010 ble det brukt 54 tonn kalksteinmel, samt 42 tonn i 2012, og 30 tonn både i 2014 og 2016.

Kalkingen er nå avslutta åtte innsjøer med Bordtjern som første lokalitet i 1999. I Brønntjern skjedde dette i 2005 Hesthagen mfl. 2014). I Lysevatn ble kalkingen avsluttet i 2006, men gjenopptatt i 2013. Siden har vatnet blitt kalka med 10 tonn kalksteinmel fra helikopter hvert år. Fra 2012 ble kalkingen avsluttet i ytterligere sju lokaliteter. Følgelig blir 14 vann på norsk side fremdeles kalka. I tillegg er altså Rødsvatn og Kirkevatn påvirket av kalkingen lengre oppe i vassdraget. På svensk side har 51 vann blitt kalka mer eller mindre regelmessig siden 1980-tallet (Johansson & Hesthagen 2012).

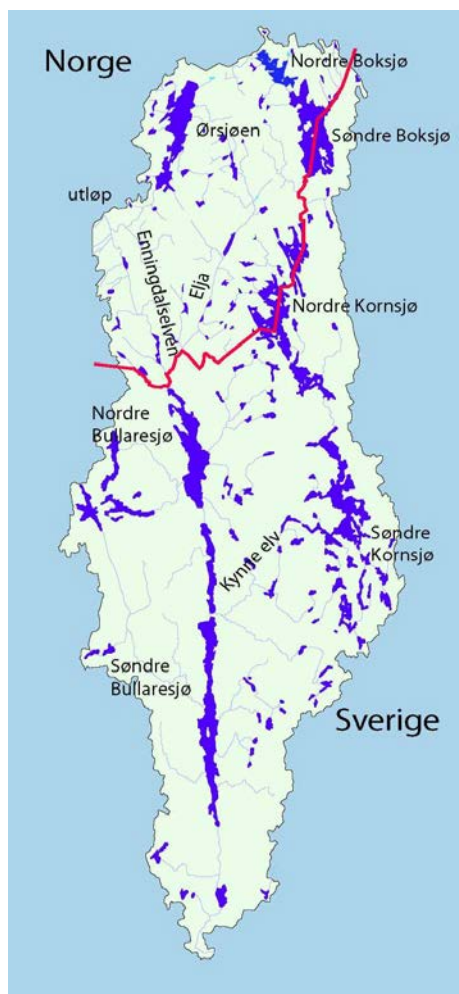
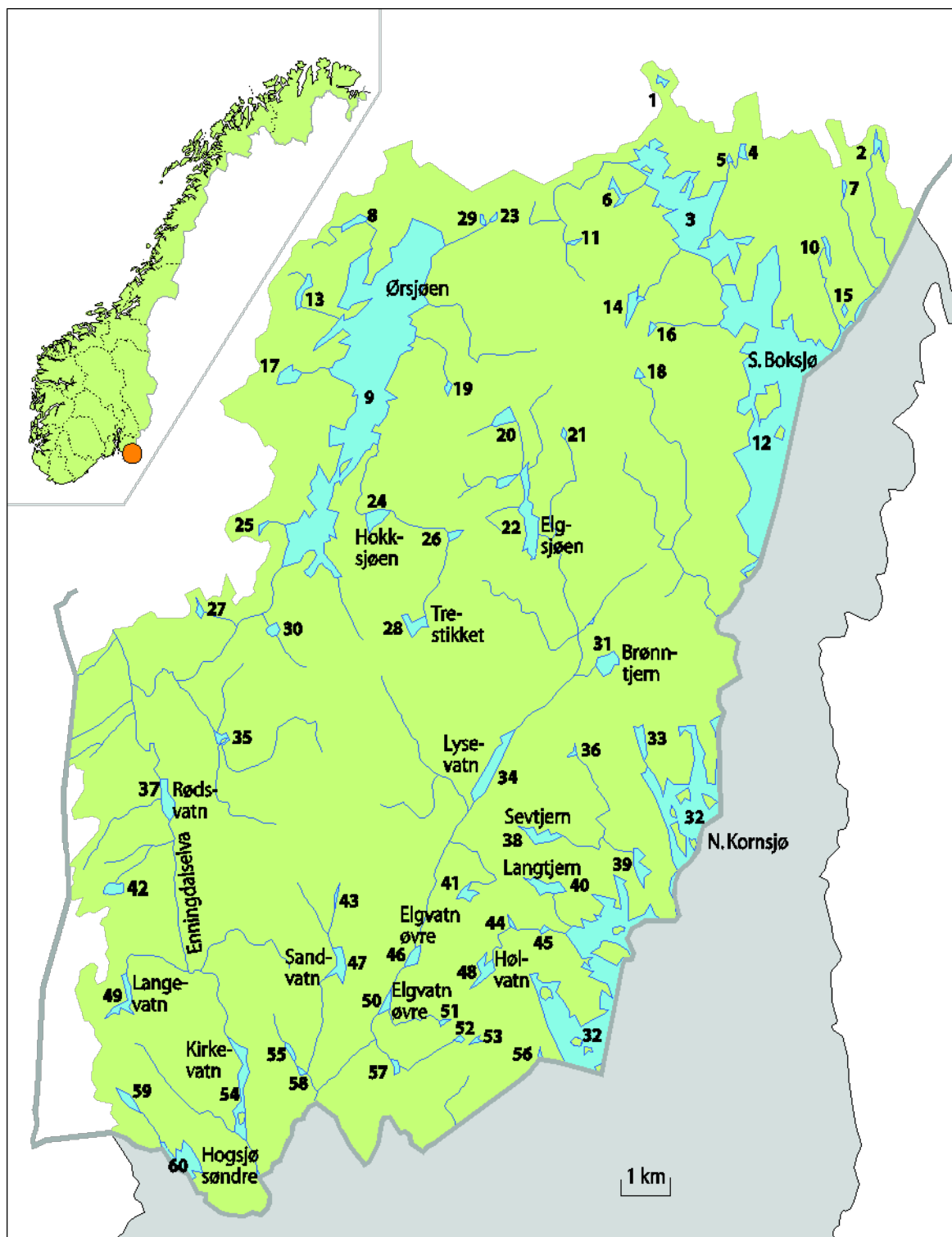


Fig. 1. Enningdalsvassdraget med lokalisering av innsjøer på norsk og svensk side.



Figur 2. Enningdalsvassdraget med lokalisering av innsjøer på norsk side. Nummer på innsjøer refererer seg til **tabell 1**.

Tabell 1. De enkelte innsjøene på norsk side av Enningdalsvassdraget med nummer som referer seg til **figur 1**, NVE-nummer, høyde over havet (m o.h.) størrelse, maks dyp målt og siktedyp.

	NVE nr.	Innsjø	Høyde (m)	Størrelse (km ²)	Max dyp	Siktedyp (m)
1	3577	Bastetjern	184	0.0280	10,2	2,4
2	3582	Tangetjern	243	0.0470	15,8	3,0
3	344	Boksjø Nordre	173	2.0450	24,0	2,5
4	3587	Gravedalstjern	193	0.0360	7,5	1,3
5	3589	Krukjetjern	181	0.0120	11,2	1,6
6	3593	Haugåstjern	182	0.0670	12,0	1,8
7	3591	Brattetjern	216	0.0190	15,4	2,0
8	3595	Damtjern Ånerud	165	0.0660	18,0	3,0
9	345	Ørsjøen	142	6.3510	20,0	
10	3594	Langetjern	228	0.0390	7,3	
11	3596	Otertjern	219	0.0180	10,3	1,1
12	343	Boksjø Søndre	166	7.8854	32,0	
13	3600	Langvann	165	0.0830	13,0	3,5
14	3598	Kroktjern	230	0.1070	9,0	
15	3599	Korstjern	216	0.0170	6,3	1,8
16	3601	Kutjern	229	0.0260	16,3	1,6
17	3603	Ellefsrødtjern	150	0.1220	7,0	3,0
18	3602	Stenslundtjern	211	0.0260	5,4	1,0
19	3604	Gyltetjern	181	0.0210	9,6	0,9
20	3605	Geddelundtjern	179	0.1090	4,0	1,5
21	3606	Blanktjern	206	0.1090	8,0	2,5
22	347	Elgsjøen	168	0.3470	13,0	1,5
23	153486	Morttjern	225	0.0146	9,0	1,2
24	3608	Hokksjøen	148	0.1190	6,0	1,5
25	3610	Stenerudtjern	148	0.0190	5,2	1,0
26	3609	Korstjern	161	0.0498	7,2	1,7
27	3003	Bordtjern	128	0.0387	9,2	2,0
28	3002	Trestikket	214	0.1139	7,0	6,0
29	153484	Blanktjern	229	0.0259	11,0	0,8
30	3005	Danmarktjern	128	0.0510	4,0	0,8
31	3004	Brønntjern	154	0.1400	5,0	1,0
32	342	Kornsjø Nordre	141	2.6500	30,0	
33	3006	Haugenetjern	142	0.0990	8,0	1,3
34	346	Lysevatn	132	0.2960	11,0	1,2
35	3008	Endetjern	62	0.0420	1,5	0,7
36	3007	Gjeddetjern Store	166	0.0180	4,2	1,5
37	3009	Rødsvatn	17	0.1450	6,0	1,5
38	3011	Sevtjern (Rørtjern)	147	0.1390	8,5	1,5
39	3012	Løksvatn	142	0.1240	13,0	1,0
40	3014	Langtjern	146	0.1380	10,0	2,0
41	3015	Damtjern Pålsbu	154	0.0730	10,3	2,5
42	3018	Trolldalsvatn	121	0.0290	23,2	4,0
43	3016	Holmvatn	190	0.0190	13,0	2,5
44	3017	Damtjern	148	0.0160	11,0	1,8
45	3019	Lerbekktjern	141	0.0180	4,4	1,3
46	3021	Elgvatn Øvre	112	0.0730	5,0	1,3
47	3023	Sandvatn	170	0.1200	18,2	3,0
48	3022	Hølvatn	188	0.1150	10,8	1,5
49	3026	Langevannet	168	0.1290	10	1,4
50	3025	Elgvatn Nedre	110	0.0510	5,8	1,5
51	3028	Svanetjern	199	0.0170	10,2	2,4
52	138968	Langetjern	200	0.0120	11,2	2,0
53	3029	Klypetjern	210	0.0140	15,7	1,6
54	3032	Kirkevatn	37	0.3160	14	2,0
55	3033	Langvann	130	0.0330	5,8	1,5
56	3030	Asketjern	163	0.0220	10,6	1,7
57	3034	Godatjern	141	0.0280	6,0	1,5
58	3035	Slatjern	129	0.0180	6,0	1,4
59	3036	Hogsjø Nordre	130	0.0720	14,5	1,2
60	3041	Hogsjø Søndre	107	0.2990	21,0	3,5

Tabell 2. Kalka innsjøer i Enningdalsvassdraget som har inngått i undersøkelserne, med start- og eventuelt sluttår. Søndre Boksjø, og Nordre Kornsjø blir kalka av svenske myndigheter. * Avsluttet i 2006, men gjenopptatt i 2013. ** påvirka av oppstrøms kalking. Nr. refererer seg til tabell 1 og figur 2.

Nr	NVE-Nr	Innsjø	Start	Avsluttet kalking? (år)	Kalking etter år 2000	Tonn kalk pr. gang
3	344	Boksjø Nordre	1985	Nei	Årlig	60 - 250
6	3593	Haugåstjern Store	2005	Nei	Årlig	5
9	345	Ørsjøen	1986	Ja (2012)	Årlig	80 - 200
12	343	Boksjø Søndre	1980	Nei	Se tekst	300-1100
14	3598	Kroktjern	2013	Nei	Fra 2013	10
17	3603	Ellefsrødtjern	1991	Ja (2012)	Årlig	5 - 7
18	3602	Steinslundtjern Øvre	2010	Nei	Fra 2010	1
20	3605	Geddelundtjern	1994	Nei	Årlig	2 - 6
22	347	Elgsjøen	1990	Nei	Årlig	8 - 10
27	3003	Bordtjern	1992	Ja (1999)	Årlig	1-2
31	3004	Brønntjern	1990	Ja (2005)	Årlig	2 - 5
32	342	Kornsjø Nordre	1980	Nei	Se tekst	100-360
34	346	Lysevatn	1990	Nei*	Årlig	10 – 20
37	3009	Rødsvatn	1980	**	-	-
41	3015	Damtjern Pålsbu	1990	Ja (2012)	Årlig	1
42	3018	Trolldalsvatn	1986	Nei	Årlig	1
43	3016	Holmvatn	1990	Nei	Årlig	2 - 3
46	3021	Elgvatn Øvre	1995	Nei	Årlig	5 - 10
47	3023	Sandvatn	1990	Nei	Årlig	3 - 6
50	3025	Elgvatn Nedre	1990	Ja (2012)	Årlig	4 - 6
54	3032	Kirkevatn	1980	**	-	-
55	3033	Langvann	1994	Ja (2012)	Årlig	1
57	3034	Godatjern	1994	Nei	Årlig	2 - 4
58	3035	Slatjern	1994	Ja (2012)	Årlig	1
59	3036	Hogsjø Nordre	1986	Nei	Årlig	2
60	3041	Hogsjø Søndre	1986	Nei	Se tekst	30-54



Kalkbåten som ble benyttet i Nordre Boksjø i august 2010. Foto: Trygve Hesthagen.

3 Metoder og materiale

3.1 Vannkjemi

I hver innsjø ble det tatt vannprøver nær utløpet i forbindelse med det øvrige feltarbeidet. Prøvene ble analysert på Analysesenteret, Trondheim kommune. Ulike aluminiumsfraksjoner ble analysert, inkludert den uorganiske og giftige fraksjonen (labilt Al). Prøvene ble ellers analysert for full ionebalanse for beregning av syre-nøytraliserende kapasitet (ANC, $\mu\text{ekv/L}$), definert som summen av basekationer ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$) minus summen av sterke syrers anioner ($\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^{-} + \text{Cl}^{-}$). Det er foreslått å modifisere beregningen av ANC hvor organiske syrer som permanent opptre som anioner i pH-området for naturlig vann ($\text{pH} > 4,5$) inngår sammen med de uorganiske sterksyreanionene (Lydersen mfl. 2004). Denne parameteren (ANCoaa) blir beregnet på basis av to konstanter og innholdet av TOC (total organisk carbon, mg C/L) ved formelen $[\text{BC}] - ([\text{SAA}] + (\frac{1}{3} * 10,2 * \text{TOC}))$. TOC-verdier foreligger kun for de 28 innsjøene som ble undersøkt i årene 2006-2009. For de andre årene ble TOC beregnet på basis av sammenhengen mellom Fargetall (Pt/L) og TOC fra samme datasett. Forholdet mellom de to parametrene ble beskrevet med følgende likning:

$$\text{TOC} = 0,084 * \text{Fargetall} + 3,520 \quad (F_{1,26} = 265,4, R^2 = 0,91, P < 0,0001)$$

3.2 Fiskeundersøkelser

Til sammen 60 innsjøer i Enningdalsvassdraget ble prøvefisket i perioden 2002-09. Dette omfatter lokaliteter med et areal $> 1,2 \text{ ha}$ ($0,01 \text{ km}^2$) (jf. **tabell 1**). I tillegg er det flere innsjøer med tilsvarende størrelse. Dette gjelder bl.a. noen innsjøer i Eljagreina og to innsjøer vest for Elgsjøen (Langetjern (NVE nr. 80572 med areal $0,0406 \text{ km}^2$) og Lønntjern (NVE nr. 3607 med areal $0,0527 \text{ km}^2$) (jf. **figur. 3 & 6**). Brønntjern ble prøvefisket seks ganger i perioden 2004-12, og Nordre Boksjø i 2002 og 2010 (Hesthagen mfl. 2014, Walseng & Hesthagen 2010). For Brønntjern og Nordre Boksjø er kun materialet fra den første undersøkelsen inkludert i analysen (jf. **vedlegg 2**).

Prøvefisket ble gjennomført i siste del av august med bunngarn av typen Nordisk oversiktsgarn (jf. Appelberg mfl. 1995). Hvert garn er 30 m langt og 1,5 m dypt, og dekker følgelig et areal på 45 m^2 . Følgende 12 maskevidder er representert på hvert garn: 5, 6.3, 8, 10, 12.5, 15.5, 19.5, 24, 29, 35, 43 og 55 mm. Det ble gjennomført et stratifisert prøvefiske ved å sette garna på standard dybdeintervall: 0-3 m, 3-6 m, 6-12 m og 12-20 m dyp. Et håndholdt ekkolodd ble benyttet ved setting av garna på angitte dyp. Fangsttinnsatsen følger i utgangspunktet en standard, avhengig av innsjøenes størrelse og maks dyp (CEN 2015). Men av ressurs hensyn og forventet høye tettheter av abbor, ble innsatsen noe redusert. Plasseringa av garna i forhold til strandlinja avhenger av dybdeforholdene, men vanligvis settes de rett ut fra land. I innsjøer med bratt strandsone vil det være nødvendig å sette garna nesten parallelt med land for å kunne plassere de på rett dyp. I hver lokalitet ble fangsten skilt på stasjon og dyp.

I Nordre Boksjø, Søndre Boksjø, Nordre Kornsjø, Ørsjøen og Søndre Hogsjø ble det også fisket med flytegarn av SNSF typen. I denne serien inngår åtte garn med maskeviddene 10-43 mm (Rosseland mfl. 1979). Disse flytegarna er seks meter dype og en serie består av to lenker à 27 meter. Garna i hver lenke er montert sammen slik at de fungerer som oversiktsgarn. En serie har følgelig en lengde på 54 m og et areal på 324 m^2 .

Totalfangstene på bunngarn og flytegarn var henholdsvis 6901 og 230 individ fordelt på 11 arter (**tabell 3**). Fangstutbytte og fangsttinnsats i de enkelte innsjøene er vist i **vedlegg 2**. Utbyttet blir angitt som antall individ fanget pr. 100 m^2 garnareal pr. natt (Cpue). Vanntemperaturen under prøvefiske varierte mellom 11,5 og 22,0 grader.

Totallengden til hvert individ ble målt til nærmeste mm. Av ressursmessige hensyn ble det ikke tatt strukturer for aldersanalyse. Abbor med en lengde < 80 mm ble vurdert som årsyngel og dermed benyttet som indeks for rekrutteringsstyrken. Dette er basert på data fra Brønntjern (Hesthagen mfl. 2014).

Forekomsten av ulike fiskearter i innsjøene i vassdraget ble registrert ved en spørreundersøkelse i 2001 (Hesthagen mfl. 2002). Det er i tillegg hentet inn opplysninger i seinere år. Fra 1950 foreligger det et materiale om forekomsten av ulike fiskearter i mange av de innsjøene som inngår i undersøkelsen (Vasshaug 1990).

Tabell 3. Fangstutbyttet på bunn- og flytegarn for de enkelte fiskeartene i innsjøer i Enningdalsvassdraget i perioden 2002-09.

Art	Bunngarn	Flytegarn
Aure	21	3
Røye	2	0
Sik	8	2
Lagesild	26	4
Abbor	5652	187
Hork	4	0
Brasme	6	0
Flire	12	0
Mort	1076	33
Ørekyt	4	0
Gjedde	33	1
Totalt	6901	230

3.3 Forekomst av ulike fiskearter i vassdraget

I elver og innsjøer i Enningdalsvassdraget finnes det i dag 22 fiskearter (**tabell 4**). Tidligere var det også krøkle i noen innsjøer. Blant laksefiskene mangler ellers harr. Ved et prøvafiske i nedre deler av Enningdalselva og i Indre Iddefjord i 1972-73 ble det fanget 13 arter: sik, lagesild, aure, abbor, hork, gjedde, brasme, laue, sørv, mort, vederbuk, gullbust og ål (Borgstrøm mfl. 1974). I tillegg ble seks andre arter observert eller fanget på annen måte: ørekyt, tre-pigget stingsild, laks, steinsmett (oppstrøms Rødsvatn), bekke- eller elvenioye og havnioye. Dette gir totalt 19 arter, gitt at det ikke skilles mellom de to artene av niøye i ferskvann. Skrubbeflyndre kommer i tillegg.

I Enningdalselva ble det høsten 1997 påvist 12 fiskearter i forbindelse med elfiske, med laks, aure, laue og gjedde som mest vanlig (Saltveit 1998). De åtte andre artene var hork, gullbust, ørekyt, mort, abbor, vederbuk, ål og bekke- eller elvenioye. Det er ellers observert mye gyttende niøyer nedstrøms Elgåfossen under dykking for noen år tilbake (Geir Hardeng, pers. med.). Disse individene var 10-15 cm lange, og ut fra størrelsen må det ha vært bekkenioye (jf. Pethon 2005). I Ørbekken er det også rapportert om elvenioye, i tillegg til laks, aure, vederbuk og havnioye (Jonsson mfl. 2004). Det er ellers påvist bekke- eller elvenioye i en bekk ved Holtet (Saltveit 1998). Havnioye er også registrert i Enningdalselva.

I Enningdalselva har forekomsten av laks- og aureunger vært undersøkt flere ganger i årene 1997-2006 (jf. Saltveit 1998, 2002, 2006). Det har vært en betydelig årlig variasjon i yngtetettheten med 4-34 individ pr. 100 m². Antall eldre individ har vært lavt i hele forsøksperioden, med 2-8 individ pr. 100 m². Tetthetene av aureunger har stort sett vært svært lave, ofte med bare rundt ett individ pr. 100 m². Det har ikke vært satt ut laks i vassdraget siden 2003. Norske laksebestander blir i dag vurdert ut fra deres gytebestandsmål (Hindar mfl. 2007). Dette angir nivået for

størrelsen på gytebestanden som skal sikre dens langsiktige levedyktighet, ved at alle tilgjengelige gyte – og oppvekstområder blir benyttet. Vitenskapelig råd for lakseforvaltning har vurdert bestandsforholdene og beskatningen av laks i Enningdalselva (Anon. 2016). Forvaltningsmålet er nådd, og gytebestandsmåloppnåelse og høstbart overskudd for åra 2012-15 blir vurdert som svært god.

Tabell 4. Oversikt over alle fiskearter med naturlig innvandring til norske vassdrag, samt ål (kadtadrom art), og hvilke som er påvist i Enningdalsvassdraget (elv eller innsjø). * har forekommet tidligere.

Art	Latinsk navn	Innsjø eller Elv	Inn-Sjø	Enningdalselva/Ørebekk
Ål	<i>Anguilla anguilla</i>	X	X	X
Elvenioye	<i>Lampetra fluviatilis</i>	X		X
Bekkenioye	<i>Lampetra planeri</i>	X		X
Arktisk niøye	<i>Lampetra japonica</i>			
Havniøye	<i>Petromyzon marinus</i>	X		X
Laks	<i>Salmo salar</i>	X		X
Aure	<i>Salmo trutta</i>	X	X	X
Lagesild	<i>Coregonus albula</i>	X	X	X
Sik	<i>Coregonus lavaretus</i>	X	X	X
Røye	<i>Salvelinus alpinus</i>	X	X	
Harr	<i>Thymallus thymallus</i>			
Krøkle	<i>Osmerus eperlanus</i>	*	*	
Gjedde	<i>Esox lucius</i>	X	X	X
Mort	<i>Rutilus rutilus</i>	X	X	X
Gullbust	<i>Leuciscus leuciscus</i>	X		X
Stam	<i>Leuciscus cephalus</i>			
Vederbuk	<i>Leuciscus idus</i>	X	*	X
Ørekyt	<i>Phoxinus phoxinus</i>	X	X	X
Sørv	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	X		X
Asp	<i>Aspius aspius</i>			
Laue	<i>Alburnus alburnus</i>	X	X	X
Brasme	<i>Abramis brama</i>	X	X	X
Flire	<i>Blicca bjoerkna</i>	X	X	
Karuss	<i>Carassius carassius</i>			
Lake	<i>Lota lota</i>			
Trepigget stingsild	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	X		X
Nipigget stingsild	<i>Pungitius pungitius</i>			
Hvitfinnet ferskvannsulke	<i>Cottus gobio</i>			
Steinsmett	<i>Cottus poecilopus</i>	X		X
Hornulke	<i>Trigloporus quadricornis</i>			
Abbor	<i>Perca fluviatilis</i>	X	X	X
Gjørs	<i>Stizostedion lucioperca</i>			
Hork	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	X	X	X
Totalt		22 (23)	13 (15)	20

Ål er en vanlig art i Enningdalsvassdraget, men historiske opplysninger er i stor grad fraværende (jf. Huitfeldt-Kaas 1918). På norsk side er det registrert i 26 innsjøer med ål (Thorstad mfl. 2010). Den mangler trolig bare i høyereliggende og små tjern, spesielt helt i nord. Fysiske hindringer har i liten grad begrenset utbredelsen til ål i vassdraget, for i Hølvassdraget forekommer den selv i innsjøer ovenfor Elgåfossen med en høyde på 34 m. Det er liten eller ingen kjennskap til status og utvikling hos ål i Enningdalsvassdraget. Men både forsurening og fysiske hindringer kan

ha ført til en bestandsnedgang (jf. Thorstad mfl. 2010, Larsen mfl. 2015). På tidlig 1970-tall ble det rapportert om fravær av ål i Søndre Boksjø, samt i én innsjø på svensk vestkyst (Almer 1972). Dette ble satt i sammenheng med fysiske hindringer i form av dammer som hadde hindret oppgangen. Langs Enningdalsvassdraget er det flere fysiske hindringer (Kaikkonen & Rehndell 2010, Johansson & Hesthagen 2012). Bl.a. var det tidligere en dam i Hallerudselva ved utløpet av Søndre Boksjø, som fram til slutten av 1960-tallet var regulert til tømmerfløting. I Grubberödsälven mellom Södra og Mellan Kornsjön er det en relativt stor kraftverkdamm ved Loviseholm. Denne dammen blir vurdert som et betydelig vandringshinder for ål. Det er for øvrig registrert en del ål på gitteret til dette kraftverket (Daniel Johansson, pers. med.).

Enningdalsvassdraget har ingen naturlige bestander av gjørs (Hesthagen mfl. 2013). Derimot har det vært satt ut gjørs på svensk side av Nordre Kornsjø, trolig én gang på 1940-tallet (Vasshaug 1990). Det er imidlertid ingen rapporterte gjenfangster, til tross for at innsjøen ble prøvefisket seks ganger på svensk side i årene 1971-2009 (Johansson 2009b). Det ble heller ikke fanget gjørs ved et prøvefiske på norsk side av innsjøen i 2002. Utsettingen av gjørs i Nordre Kornsjø må derfor ha vært mislykket, og forsuring kan ha vært en medvirkende årsak. Gjørs har i seinere år etablert seg i Kolstorpvattnet og i Alnässjön svensk side av Enningdalsvassdraget, basert på utsettinger (Daniel Johansson, pers. med.).

På tidlig 1900-tall ble det rapportert om asp i nedre deler av Enningdalsvassdraget og brakkvannsområdet av Iddefjorden (Collett 1905). Men denne karpefisken er ikke omtalt seinere (jf. Huitfeldt-Kaas 1918). Asp finnes i dag noe lengre vest, i nedre deler av Glomma og Øyeren. I seinere år er det også fanget noen få individ i Haldenvassdraget, men de kan være utsatt (Spikkeland & Basnes 2009). Det er mest sannsynlig ikke asp i Enningdalsvassdraget i dag. Den ble i alle fall ikke fanget i nedre deler av Enningdalselva eller i Iddefjorden i 1972-73. (Borgstrøm mfl. 1974).

Det foreligger også ubekreftede meldinger om stam i Enningdalselva (Spikkeland & Basnes 2009). Tidlig på 1900-tallet var den også angitt å forekomme i nedre deler av Tista i Haldenvassdraget (Huitfeldt-Kaas 1918). Men stam er i alle fall ikke påvist i seinere år (Spikkeland & Basnes 2009).

Enningdalsvassdraget på norsk side har ingen av 11 fremmede fiskeartene som finnes her i landet (jf. Hesthagen & Sandlund 2007). Det skal ha vært tatt suter i Store Haugenetjern på 1950/60-tallet (Knut Brynildsen, pers. med.).

I 2014 ble det fanget én regnbueaure i Enningdalselva. På begynnelsen av 2000-tallet fantes det rømt regnbueaure i Södra Bullaresjön. Fisken stammet fra oppdrettsanlegget i innsjøen (Smeviken). Anlegget ble nedlagt i 2002/2003.

4 Resultater

4.1 Vannkjemi

Innsjøene i Enningdalsvassdraget har en stor vannkjemisk variasjon, avhengig av om de ligger over eller under marin grense og om de er kalka (**tabell 5**). Ikke-kalka innsjøer over og under marin grense har en gjennomsnittlig pH på henholdsvis 4,91 og 5,40. Innholdet av uorganisk aluminium (Ali) og ANCoaa var også vesentlig forskjellig. Kalka lokaliteter hadde en meget god vannkvalitet med pH 6,27. Innholdet av Ali var heller ikke særlig høyt med 10,6 µg/L. Blant de kalka innsjøene hadde Nordre Hogsjø dårligst vannkvalitet med 5,20 i pH og 51 µg/L Ali. Andre kalka innsjøer med relativt dårlig vannkvalitet er Nedre Elgvatn (pH=5,34 og Ali=28 µg/L) og Slatjern (pH=5,55 og Ali=28 µg/L). De vannkjemiske dataene er vist i **vedlegg 1**.

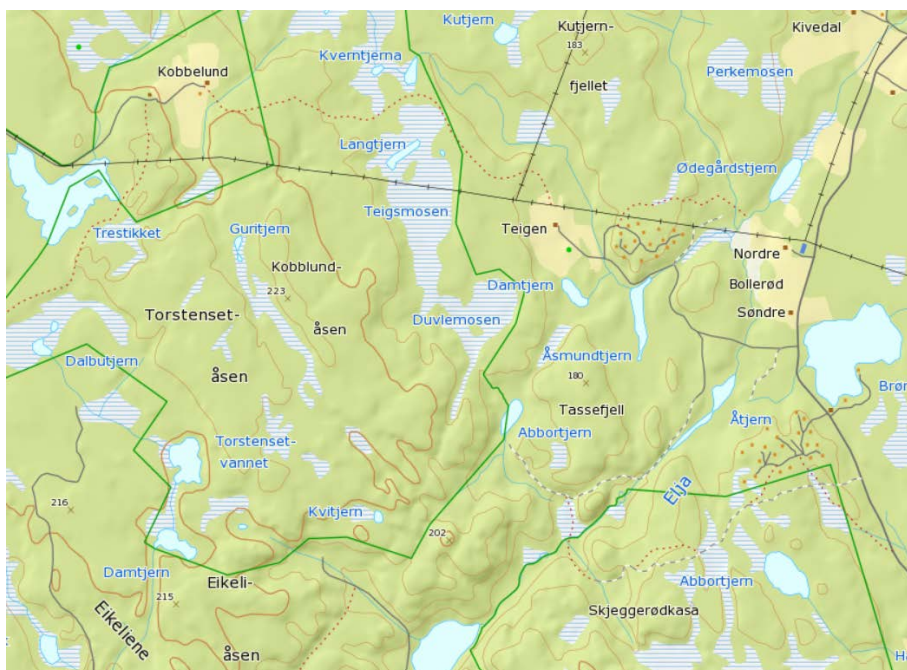
Tabell 5. Gjennomsnittlige verdier \pm standard avvik for pH, uorganisk aluminium (Ali) og syre nøytraliserende kapasitet (ANCoaa) for ikke-kalka innsjøer under (<) og over (>) marin grense (MG), samt for kalka innsjøer. n=antall lokaliteter. Haugåstjern ble kalka tre år etter at vannprøve ble tatt, og inngår følgelig som en ikke-kalka lokalitet i vårt datasett.

Type lokalitet	pH	Ali (µg/L)	ANCoaa (µekv/L)	n
Ikke-kalka < MG	5,40 \pm 0,65	39,2 \pm 35,9	58,1 \pm 97,0	17
Ikke-kalka > MG	4,91 \pm 0,24	58,1 \pm 26,8	-3,8 \pm 28,4	20
Kalka	6,27 \pm 0,55	10,6 \pm 20,9	94,9 \pm 55,8	23

4.2 Fiskestatus i innsjøer

4.2.1 Fiskestatus i noen mindre tjern i Eljagreina

I Eljagreina lokalisert mellom Trestikket i vest, Elgsjøen i nord, Brønntjern i øst og Lysevannet i sør ligger det 13 mindre tjern (**figur 3**). Ingen av disse lokalitetene ble prøvofisket, men i 1950 ble det gitt opplysninger om fisk i åtte av dem (Vasshaug 1990). Det var da abbor i sju tjern, mort i fire tjern, gjedde i fire tjern og aure i tre tjern (**tabell 6**). Det er trolig ikke lenger mort i disse lokalitetene (Steinar Stegerød, pers. med.). Vi antar derfor at de fire bestandene i dette området har gått tapt, i likhet med de i andre tjern litt lengre nord (jf. **figur 5**). Derimot regner vi ikke bestandene av abbor og gjedde i dette vassdraget som tapte.



Figur 3. Tjern i Eljagreina mellom Trestikket i vest, Elgsjøen i nord, Brønnstjern i øst og Lysevanet i sør. Kartkilde: Norgeskart.

Tabell 6. Oversikt over 13 tjern i Eljagreina med NVE nr. og angivelse av hvilke fiskearter som ble rapportert i 1950 for noen av lokalitetene (Etter Vasshaug 1990).

Lokalitet	Fiskearter	NVE nr.
Abbortjern/Tassefjell	Ukjent	138937
Kutjern	Abbor	138926
Kverntjern	Abbor, mort og gjedde	138927
Langtjern	Tomt	138929
Damtjern v/Åsmundtjern	Abbor, mort og gjedde	80541
Åsmundtjern	Abbor, mort, gjedde	80542
Torstensetvannet	Abbor, aure	80540
Damtjern v/Eikeliåsen	Abbor, aure	80536
Skittruktjern	Aure	80535
Dalbutjern	Ukjent	138934
Åtjern	Abbor, mort, gjedde	138936
Abbortjern (Skjeggerødkasa)	Ukjent	66013
Ødegårdstjern	Ukjent	138930

4.2.2 Fiskestatus i vassdraget totalt

4.2.2.1 Abbor

Abbor er klart dominerende fiskeart i Enningdalsvassdraget, og ble fanget i 46 innsjøer. I tillegg har ni bestander gått tapt, dvs. 16,4 % av totalen (**figur 4, tabell 7 & 8**). De fleste innsjøer med tapte abborbestander er med ett unntak lokalisert over marin grense i nordre deler av nedbørfeltet. Dette omfatter én innsjø vest for Nordre Boksjø (Otertjern), seks stykk øst for Boksjøene (Tangetjern, Gravedalstjern, Korstjern, Langetjern, Kruketjern og Kutjern), samt Langvatn vest for Ørsjøen. I tillegg har abborbestanden i Klypetjern helt i sør gått tapt. Informasjon om tapte abborbestander i Klypetjern, Kutjern og Kruketjern, er gitt av Arne Fredriksen (jf. Walseng & Hesthagen 2010). Bestanden i Gravedalstjern ble trolig satt ut ikring 1940 (Vasshaug 1990). Ved prøvefisket i 2007 ble det ikke fanget abbor i denne lokaliteten, og bestanden er tapt. Ingen lokaliteter med tapte abborbestander har vært kalka.

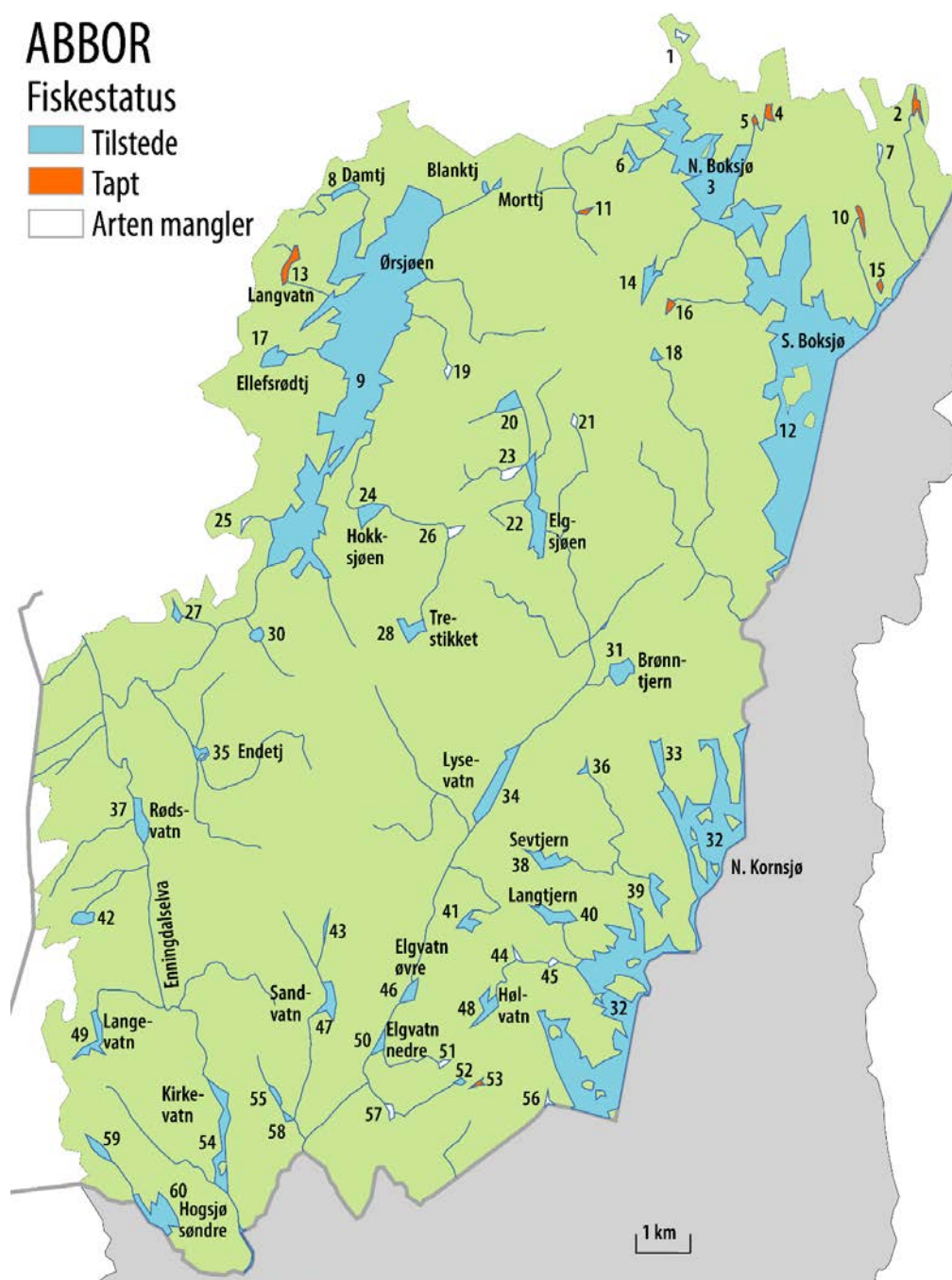


Abboren har høy og litt pukkelrygget kropp. Den har en kraftig pigg på bakkanten av gjellelokket, mens kanten på forgjellelokket er sagtagget. Den fremre delen av ryggfinnen har kraftige piggstråler, og bak på den er det en mørk flekk. Abboren opptrer mest i en gulfarget variant, men i mørke skogstjern kan den bli nesten helt svart (Pethon 2005). Tegning av Eldar Olderøien.

ABBOR

Fiskestatus

- Tilstede
- Tap
- Arten mangler



Figur 4. Forekomst og status hos abbor i innsjøer i Enningdalsvassdraget pr. 2016.

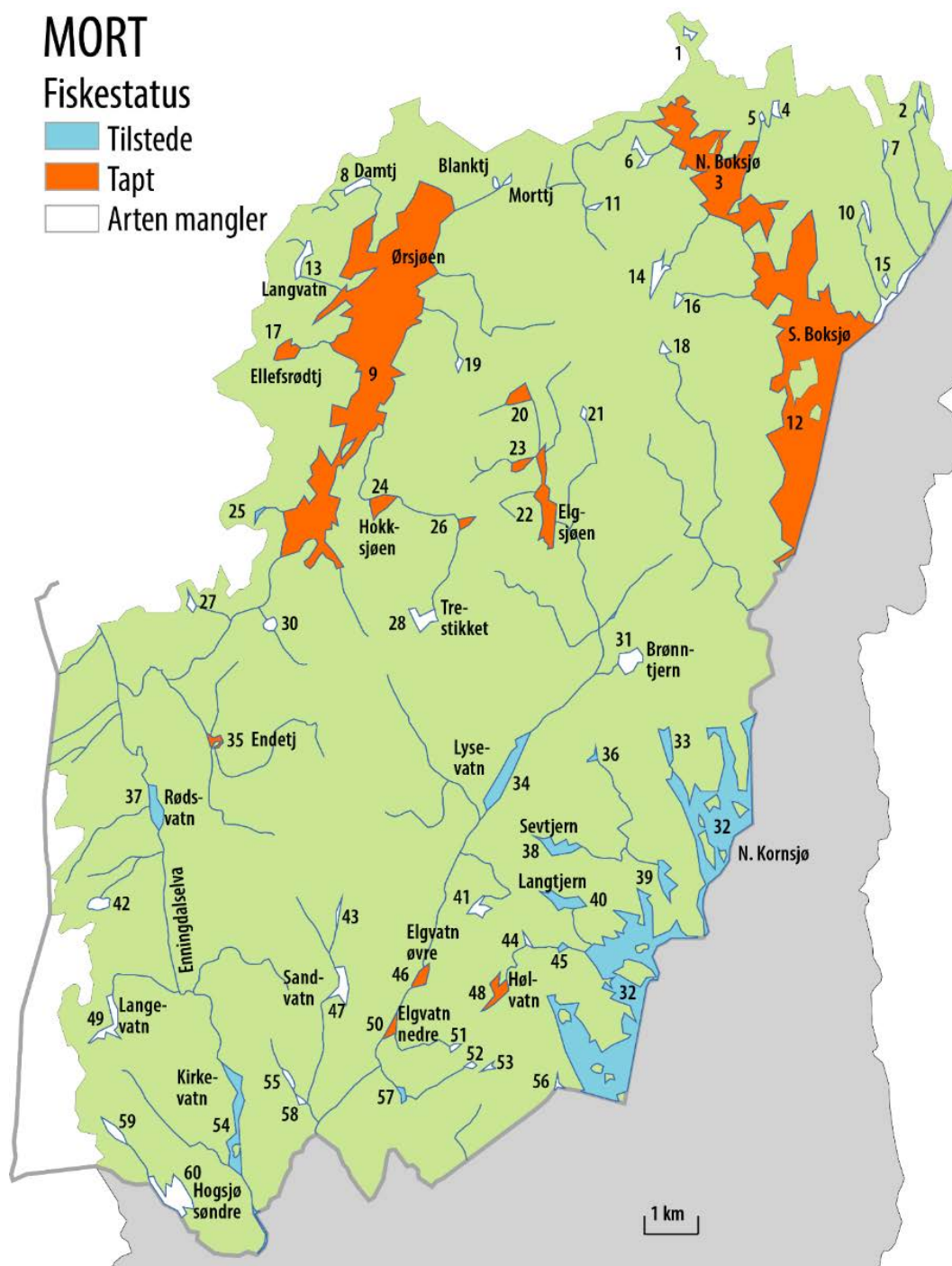
4.2.2.2 Mort

Mort er den vanligste karpfisk i Enningdalsvassdraget, og antas å ha forekommet i minst 24 innsjøer (**figur 5**). Den var opprinnelig utbredt over store deler av vassdraget, bortsett fra i mindre og høyereliggende lokaliteter, spesielt i nordlige områder. Mort forekommer i hovedvassdraget, fra Nordre og Søndre Boksjø og videre nedover til Nordre Kornsjø på norsk side. Vest for Nordre Kornsjø er det flere innsjøer med mort. I tillegg hører også Ørsjøen med til mortens naturlige utbredelsesområde. Det samme gjelder flere mindre lokaliteter som drenerer til denne innsjøen.

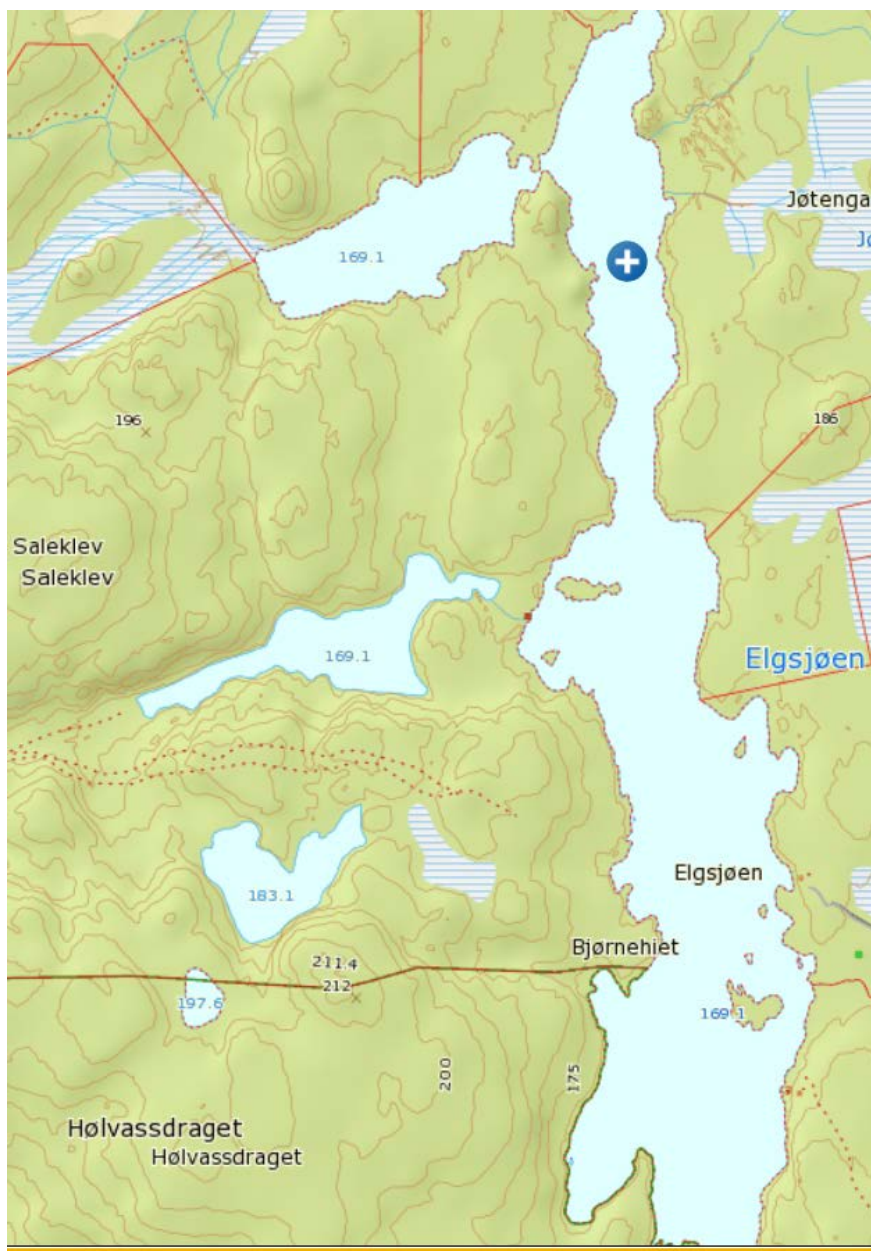
Morten har gått tapt i minst 15 innsjøer, dvs. 60 % av totalen (**figur 5, tabell 7 & 8**). I hovedvassdraget omfatter dette Nordre og Søndre Boksjø. Morten i Ørsjøen og i tre nærliggende lokaliteter; Ellefsrødtjern, Hokksjøen og Korstjern har også gått tapt. Videre er det flere tapte bestander av mort i Hølgreina, fra Elgsjøen og nedover til Øvre og Nedre Elgvatn, og i Hølvatn. Det samme gjelder Langetjern vest for Elgsjøen, hvor det i 1950 ble rapportert om abbor, gjedde og mort (Vasshaug 1990). Her blir Langetjern for øvrig omtalt som Langvann. Det antas at det også fantes mort i Lønntjern litt nord for Langetjern, og at den har dødd ut (jf. **figur 5**). Det er i alle fall sannsynlig at Lønntjern og Langetjern opprinnelig hadde samme vannkvalitet som Elgsjøen. Det var også mort i Bråtenetjern (NVE nr. 153538) øst for Hokksjøen (Vasshaug 1990). Det antas at denne bestanden har dødd ut (jf. Vasshaug 1990).



Mort er sammen med sørv de eneste av våre karpfisker som har øyne med rød iris (Pethon 2005). Men morten skiller seg fra sørven ved at bukfinnene er festet rett under forkanten av ryggfinnen, mens bukfinnene hos sørven sitter foran ryggfinnen. Under gytingen har morten hvite lekevorter på hode og rygg. Tegning av Eldar Olderøien.



Figur 5. Forekomst og status hos mort i innsjøer i Enningdalsvassdraget i 2016.



Figur 6. Lokaliseringen av Løntjern (169.1. øverst), Langetjern (169.1.) og Hølvann (183.1) vest for Elgsjøen i øvre deler av Hølgreina. Kartgrunnlag: Norgeskart.

4.2.2.3 Gjedde

Gjedde forekommer eller har forekommet i minst 26 innsjøer (jf. **figur 7, tabell 7 & 8**). Ved prøvafiske ble det fanget gjedde i 16 innsjøer. Men garnfiske gir en betydelig underrepresentasjon av forekomsten av gjedde. En må derfor også innhente informasjon fra lokale fiskere og grunneiere. Vi har fått opplyst at det finnes gjedde i ytterligere i fire innsjøer; Lysevatn, Nedre Elgvatn, Rødsvatn og Kirkevatn. Gjedda er antatt tapt i Hokksjøen øst for Ørsjøen, samt i Langtjern og Damtjern i Hølvassdraget. Det antas at gjedda i Bråtenetjern også har gått tapt, som i nærliggende Hokksjø (jf. tap av mort). Det tilsvarer en tapsandel hos gjedde på 11,5 % (**tabell 8**).

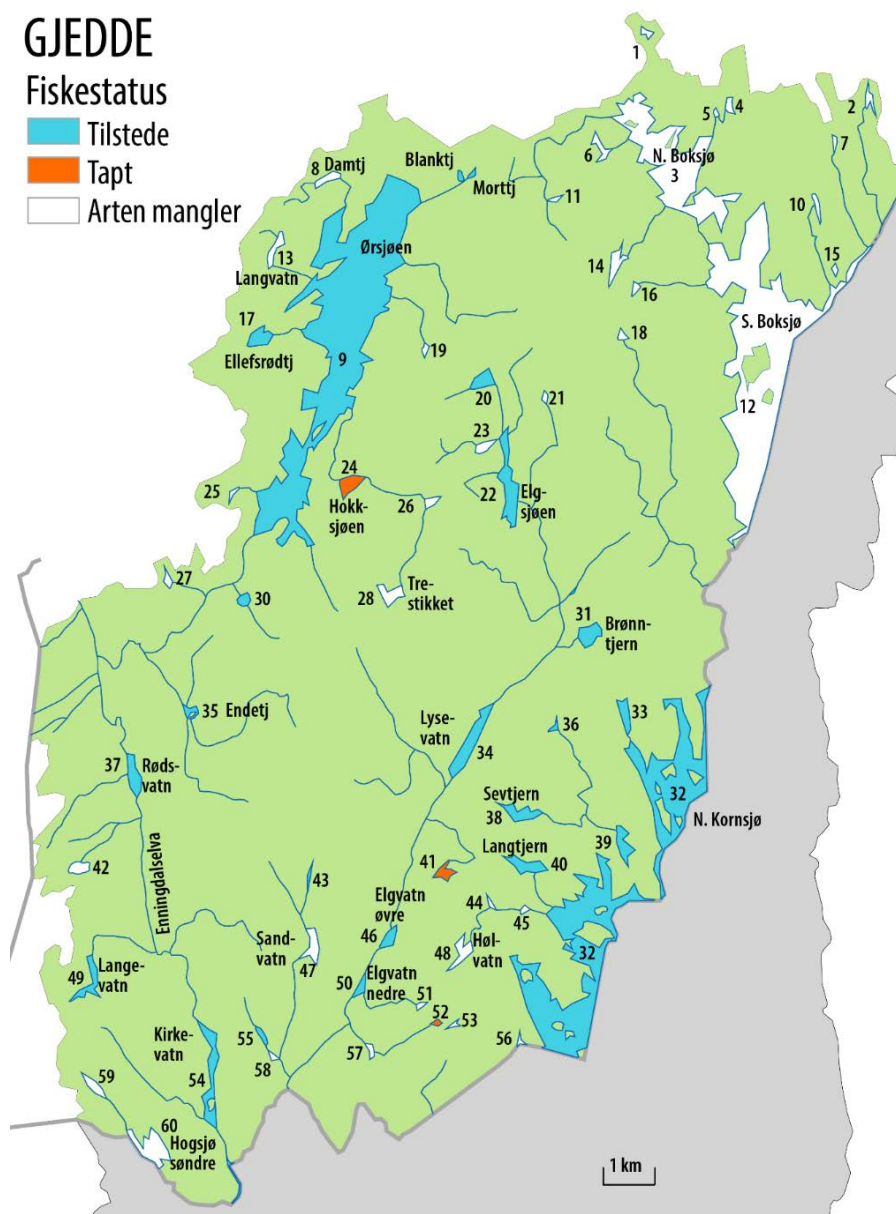


Gjedda kan ikke forveksles med noen annen av våre ferskvannsfisker med sin langstrakte kropp og flate og brede snute, og ved at de like lange rygg- og gattfinnene sitter ovenfor hverandre langt bak på kroppen (Pethon 2005). Tegning av Eldar Oiderøien.

GJEDDE

Fiskestatus

- Tilstede
- Tapt
- Arten mangler



Figur 7. Forekomst og status hos gjedde i innsjøer i Enningdalsvassdraget pr. 2016.

4.2.2.4 Ørekyt

Ørekyt fantes trolig opprinnelig i hele hovedvassdraget. Arten var kjent fra Nordre Boksjø alt tidlig på 1900-tall (Huitfeldt-Kaas 1918). Her holdt den seg godt helt fram til 1950. "Ørekyte er det sjølsagt godt med", skriver Vasshaug i 1990. Han oppgir også forekomst av ørekyt i Søndre Boksjø og Kruketjern. Ellers fantes det også ørekyt i Hokksjøen i den nordvestlige delen av vassdraget (Vasshaug 1990). Hokksjøen drenerer til Ørsjøen, der det også må ha vært ørekyt. At det fremdeles er ørekyt i Enningdalselva, er en sterk indikasjon på at den også fantes i Ørsjøen (jf. Saltveit 1998, Hesthagen & Walseng 2012). Kartleggingen i 1950-51 viste at det var ørekyt i en rekke innsjøer i området nord for Ørsjøen og Boksjøene (Vasshaug 1990).

Vi antar at ørekyta har gått tapt i minst fire innsjøer på norsk side av vassdraget; Kruketjern, Nordre Boksjø, Hokksjøen og Ørsjøen (**tabell 7 & 8**). Det knytter seg likevel en viss usikkerhet til deres status i Nordre Boksjø. Her ble den ikke observert under den verste forsursperioden på 1970/80-tallet (Arne Fredriksen, pers. med.). Fra annet lokalt hold er det opplyst at ørekyta ble gjeninnført etter å ha blitt brukt som levende agn (Kent Hansen, pers. med., Hesthagen mfl. 2002). Ved elfiske i bekken mellom Nordre og Søndre Boksjø høsten 1994, ble det ikke fanget ørekyt (jf. Øxnevad 1995). Tre år seinere ble den derimot registrert på de fleste strekninger av bekken (Karlsen 1997). Og siden slutten 1990-tallet er det observert store stimer med ørekyt ved utløpet av Nordre Boksjø. Ved prøvefisket i 2010 ble det kun fanget sju individ, alle i Skogsfjorden (Walseng & Hesthagen 2010). Ørekyta i Nordre Boksjø kan ha overlevd i små lommer med bedre vannkvalitet. Den kan også ha vandret inn fra Søndre Boksjø etter kalking (Walseng & Hesthagen 2010). Verken her eller i Hallerødbekken gikk ørekyta tapt (Karlsen 1997).

4.2.2.5 Vederbuk

Det antas at vederbuk opprinnelig fantes i Nordre Boksjø, Søndre Boksjø, Nordre Kornsjø, Ørsjøen, Hokksjøen og Rødsvatn (jf. Vasshaug 1990, Hesthagen mfl. 2002). Alle disse bestandene vurderes i dag som tapte. Vasshaug rapporterte i 1950 om at vederbuku i Søndre Boksjø hadde gått tapt (Vasshaug 1990). Her fikk Harald Ødegarden sin siste vederbuk i 1934. En må derfor anta at den var påverka av forsuring allerede på 1920-tallet (jf. Almer 1972). Det var opprinnelig ingen fysiske barrierer mellom Boksjøene. Og med moderate strømforhold og liten høydeforskjell, må en anta at vederbuk også fantes i Nordre Boksjø. Den siste kjente forekomsten av innsjølevende vederbuk i vassdraget er fra 1973, da det ble tatt to individ i Rødsvatn (Borgstrøm mfl. 1974). Det er trolig fortsatt vederbuk i Ørbekken (Jonsson mfl. 2004, jf. Jonsson mfl. 2011). Den kan også forekomme i Enningdalselva.



Vederbuku har en kraftig og spoleformet kropp med middels store skjell. Hos vederbuk sitter bukfinnene foran ryggfinnen. Snuten er butt avrundet med skråstilt og om lag terminal munn. Ryggfinnens overkant er rett avskåret (Pethon 2005). Tegning av Eldar Olderøien.

4.2.2.6 Røye

Forekomsten av røye er trolig begrenset til tre innsjøer i hovedvassdraget; Nordre Boksjø, Søndre Boksjø og Nordre Kornsjø, og til Ørsjøen. Ved prøvefiske i Søndre Boksjø i 2002 ble det kun fanget to individ. I Nordre Boksjø ble røya påverka av forsuring relativt tidlig (Walseng & Hesthagen 2010). Allerede i 1950 hadde bestanden nesten gått tapt. "Det påstås at der er røye her og, men det er det smått med nå" (Vasshaug 1990). De siste individene ble tatt rundt 1954-55 (Walseng & Hesthagen 2010). Røyebestanden i Søndre Boksjø var også for nedadgående i

1950. Rovfiske med garn i gytetiden ble trukket fram som en mulig årsak til nedgangen (Vasshaug 1990). Det synes derfor som om røyebestanden i Søndre Boksjø holdt seg noe lenger enn i Nordre Boksjø. Her var det et bra røyefiske i gytetiden fram til rundt 1960, men den forsvant i løpet av det ti-året. I åra 1959-63 ble det årlig tatt ca. 500 stamfisk i forbindelse med avlsarbeid. Seinere gikk tallet drastisk ned, til bare seks individ i 1968. Året etter ble det over hode ikke fanget røye i Søndre Boksjø. Det samme var tilfelle ved prøvefiske i 1971, 1976 og 1981 (Johansson 2009a). Det antas derfor at røyebestanden døde ut ikring 1970. I 1980 ble det satt i gang utsetting av røye på svensk side av Søndre Boksjø, som også ble videreført i 1981 og 1984. Ved prøvefiske i 1986, 1989 og 2009 ble det fanget henholdsvis 10, 7 og 4 individ (Johansson 2009a). Det er nå etablert en reproduserende bestand av røye i Søndre Boksjø, idet alderen på individene i prøvefiskefangsten i 2009 varierte mellom 3 og 7 år.

4.2.2.7 Aure

Aurebestandene i Enningdalsvassdraget ble forsuringsskadet relativt tidlig. I 1950 var f.eks. bestanden i Nordre Boksjø ikke lenger særlig tallrik (Vasshaug 1990). En gang i 1961-62 ble det tatt 4-5 fine individ, men fra 1963 ble bestanden vurdert som tapt (Walseng & Hesthagen 2010). Ved et prøvefiske i juni 1973 ble det kun fanget ett individ (Borgstrøm mfl. 1974). Det ble satt i gang utsetting av aure på slutten av 1960-tallet (Øxnevad 1995). Det har også vært utsettinger etter kalkstart i 1985, men uten at noen oversikt foreligger. AJFF i Halden har i flere år tatt stamfisk i bekken mellom Nordre og Søndre Boksjø (Rolf Ganerød, pers. med.). I enkelte år har det også vært satt ut en del settefisk som kompensasjon for uttaket av stamfisk. I 1950 ble aurebestanden i Søndre Boksjø vurdert som den fineste i Halden kommune (Vasshaug 1990). Men innsjøen var da allerede sterkt forsuret med pH 4,8-4,9. Det blir antatt at aurebestanden her forsvant på midten av 1960-tallet (Almer 1972). Ved prøvefiske i 1971, 1976 og 1981 manglet den i alle fall i fangstene (Johansson 2009a). Vi antar at de stedegne aurebestandene i Boksjøene døde ut, og at settefisk har dannet grunnlaget for nye stammer (Walseng & Hesthagen 2010). Det samme gjelder Ørsjøen (Hesthagen & Walseng 2012).

Det er vanskelig å vurdere antall naturlige aurebestander i vassdraget. I 1950 ble det rapportert om aure i 13 innsjøer, med nylig utsetting i tre av disse lokalitetene (Vasshaug 1990). Av de bestandene som trolig hadde stedegne aurebestander i 1950, blir åtte bestander nå vurdert som tapte. Her inngår bl.a. bestandene i Nordre Boksjø, Søndre Boksjø, Nordre Kornsjø og Ørsjøen. Alle disse fire innsjøene hadde svært tynne bestander under den verste forsuringsperioden (Walseng & Hesthagen 2010, Hesthagen & Walseng 2012). Flere bestander kan ha gått tapt i en tidlig fase av forsuringen i vassdraget. De fem andre lokalitetene der aurebestandene vurderes som tapte er Langvann (NVE nr. 3600), Kroktjern, Øvre Elgvatn, Nedre Elgvatn og Sandvatn. Det har altså vært satt ut aure i en rekke innsjøer i vassdraget. Dette gjør det vanskelig å angi tapet av stedegne bestander.

4.2.2.8 Andre arter

Øvre og Nedre Elgvatn hadde opprinnelig krøkle, der bestandene gikk tapt før 1950 (Vasshaug 1990). Ørsjøen hadde trolig også krøkle, for i 1950 ble det funnet ett dødt individ i strandsona (Vasshaug 1990). I hovedvassdraget var det krøkle i Nordre Kornsjø (Vasshaug 1990). På svensk side er det fortsatt krøkle i fem innsjøer; Norra og Södra Bullarsjön, Øvre Bolsjön, Langvattnet og Aspen (Johansson & Hesthagen 2012).

Tabell 7. Lokalteter med tapte bestander av ymse fiskearter i innsjøer i Enningdalsvassdraget. Nr. refererer seg til **tabell 1** og **figur 2**. Noen av lokalitetene har samme navn, og for disse er høyde over havet angitt i parentes. *Langetjern og Lønntjern ligger vest for Elgsjøen (jf. **figur 6**). R=re-etablerte bestander. **Bråtenetjern ligger øst for Hokksjøen. ***For tjern i Eljagreina, se **figur 3** og **tabell 6**.

Nr.	Innsjø (m o.h.)	Abbor	Mort	Gjedde	Røye	Aure	Sik	Ørekyt	Vederbuk	Krøkle
2	Tangetjern	X								
3	Boksjø Nordre		X		X	X-R		X-R	X	
4	Gravedalstjern	X								
5	Kruketjern	X						X		
9	Ørsjøen		X		X	X-R		X	X	X
10	Langetj. (228)	X								
11	Otertjern	X								
12	Boksjø S		X		X	X-R			X	
13	Langvt (165)	X				X				
14	Kroktjern					X				
15	Korstj (216)	X								
16	Kutjern	X								
17	Ellefsrødtjern		X							
20	Geddelundtj.		X							
22	Elgsjøen		X							
*	Langetjern		X							
*	Lønntjern		X							
24	Hokksjøen		X	X				X	X	
**	Bråtenetjern		X							
26	Korstj (161)		X							
32	Kornsjø N.					X-R	X	X	X	X
35	Endetjern		X							
37	Rødsvatn								X	
41	Damtj/Pålsbu			X						
46	Elgvatn Øvre		X			X				X
47	Sandvatn					X				
48	Hølvatn		X							
49	Langevannet									
50	Elgvatn Nedre		X			X				X
52	Langtj (144)			X						
53	Klypetjern	X								
***	Tjern i Eljagreina		4							
	Totalt	9	19	3	3	8	1	4	6	4

Sik har trolig bare forekommet i Ørsjøen og Nordre Kornsjø. I Ørsjøen ble det ved prøvafisket i 2002 totalt fanget ti individ på bunn- og flytegar (Hesthagen & Walseng 2012). Bestanden er følgelig fremdeles svært tynn. I Nordre Kornsjø ble det ikke tatt sik ved prøvafiske i 2002, så bestanden vurderes som utdødd. På svensk side er det sik i minst ni innsjøer, bl.a. i Mellan Kornsjön, Södra Kornsjön, Södra Bollaresjön og Norra Bollaresjön (Johansson & Hesthagen 2012).

Videre finnes det lagesild i Nordre Kornsjø og Ørsjøen på norsk side av vassdraget. I disse to innsjøene ga prøvafiske med bunngarn et utbytte på henholdsvis 12 og 14 individ. I Nordre Kornsjø ble det i tillegg fanget fire lagesild på flytegar. På svensk side er det lagesild i tre av de største innsjøene; Mellan Kornsjön, Södra Kornsjön og Norra Bullaresjön.

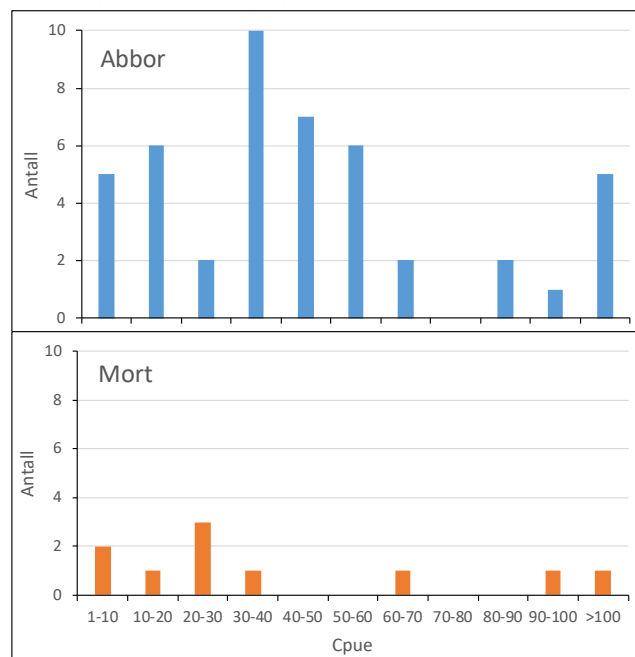
Tabell 8. Antall tapte og reetablerte fiskebestander i innsjøer i Enningdalsvassdraget for de enkelte arter. Det er antatt at alle fire bestandene av mort i Eljavassdraget har gått tapt, men ingen bestander av abbor ($n=7$) og gjedde ($n=4$) (jf. figur 3 og tabell 6).

Art	Opprinnelig	Tapt	Tapt (%)	Reetablert
Aure	13	8	61,5	4
Røye	3	3	100	1
Krøkle	4	4	100	0
Sik	2	1	50,0	0
Ørekyt	5	4	80,0	2
Vederbuk	6	6	100	0
Abbor	62	9	14,5	0
Mort	29	19	65,5	0
Gjedde	26	3	11,5	0
Brasme	2	0	0	-
Flire	1	0	0	-
Hork	1	0	0	-
Totalt	154	57	37,0	7

Brasme finnes trolig kun i Rødsvatn og Kirkevatn nederst i vassdraget. Ved prøvefiske i 2004 ble det fanget tre individ i hver lokalitet. Forekomsten av flire og hork begrenser seg til henholdsvis Kirkevatn ($n=12$) og Rødsvatn ($n=4$).

4.3 Fangstutbytte ved prøvefiske

Det ble fanget fisk i 46 av de 60 innsjøene som ble prøvefisket (**vedlegg 2**). Videre var ni innsjøer fisketomme hvor det har vært abbor tidligere, men som har gått tapt. I Bastetjern, Brattetjern, Gyltetjern og Blanktjern ble det heller ikke fanget fisk, men her har det trolig aldri vært fisk. I Holmvatn var det aure i en periode tidligere, men ingen naturlig rekruttering (Hesthagen mfl. 2007b).



Figur 8. Fordeling (antall) av fangstutbyttet på bunngarn (Cpue) for abbor og mort i de undersøkte innsjøene i Enningdalsvassdraget.

4.3.1 Abbor

Abbor ble fanget i alle de 46 innsjøene med fisk. Fangstutbyttet (Cpue) varierte mellom 3,3 (Gjeddetjern) og 181,4 (Trestikket). Vi benyttet denne variasjonen til å skille mellom antatt reduserte/skadde og gode/uendra bestander. I 13 innsjøer var Cpue < 30 individ, og disse bestandene ble antatt å være skadet (jf. **figur 8**). I 11 av disse innsjøene varierte fangstutbyttet mellom 1-20 individ (3,3-18,9), mens det ble tatt 20-30 individ i to innsjøer (Cpue=25,6 og 28,9). I ti innsjøer varierte utbyttet mellom 30 og 40 individ (30,4-39,6). Gjennomsnittlig utbytte for antatt skadde og uendra abborbestander var henholdsvis $14,1 \pm 7,7$ (n=13) og $60,1 \pm 34,0$ (n=33).

Hos abbor i bunngarnfangstene var gjennomsnittlig størrelse blant individ med alder $\geq 1+$ 147 ± 44 mm (n=4810). Abboren i Trestikket, Damtjern (NVE nr. 3015) og Nordre Hogsjø hadde lavest gjennomsnittlig lengde med 129 mm. Gjeddetjern hadde størst abbor med 306 mm i gjennomsnitt. Blant individ i aldersgruppene $\geq 1+$ var det en nær signifikant sammenheng mellom gjennomsnittlig lengde og bestandstetthet (Cpue) (**figur 9**): $F_{1,44}=3,91$, $R^2=0,08$, $P=0,054$.

Abbor ble fanget i alle de fem innsjøene hvor det ble benyttet flytegarn. Størst utbytte ble registrert i Nordre Boksjø (n=86), Søndre Boksjø (n=56) og Ørsjøen (n=35). I Nordre Kornsjø og Søndre Hogsjø ble det tatt kun henholdsvis seks og fire individ. Abbor fanget på flytegarn var betydelig større enn de på bunngarn, med gjennomsnittlige lengder på henholdsvis 164 ± 40 (n=187) og 135 ± 51 mm (n=5662).

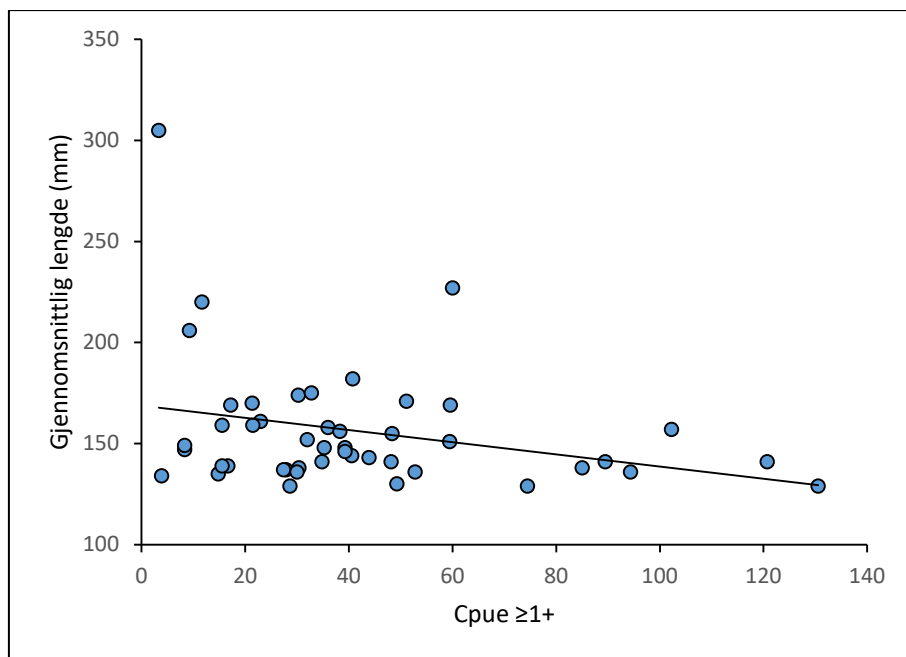
Hos abbor var forekomsten av yngel (individ < 80 mm) svært lav eller manglet i de fleste innsjøer, med Cpue på 0-5 individ. Andelen var størst i Trestikket og Endetjern med ca. 51 % i begge lokaliteter. Også abboren i Ørsjøen, Søndre Boksjø, Nordre Kornsjø og Damtjern (NVE nr. 3015) hadde relativt god rekruttering med Cpue på 17,3-32,6. Det var ingen signifikant sammenheng mellom fangstutbyttet hos yngel og fangstutbyttet hos individ med alder $\geq 1+$ (**figur 10**). Det var heller ingen signifikant sammenheng mellom fangstutbyttet hos yngel og gjennomsnittlig størrelse hos individ med alder $\geq 1+$ (**figur 11**). Lengden hos yngelen var heller ikke signifikant korrelert til verken fangstutbyttet eller størrelsen hos individ med alder $\geq 1+$.

4.3.2 Mort

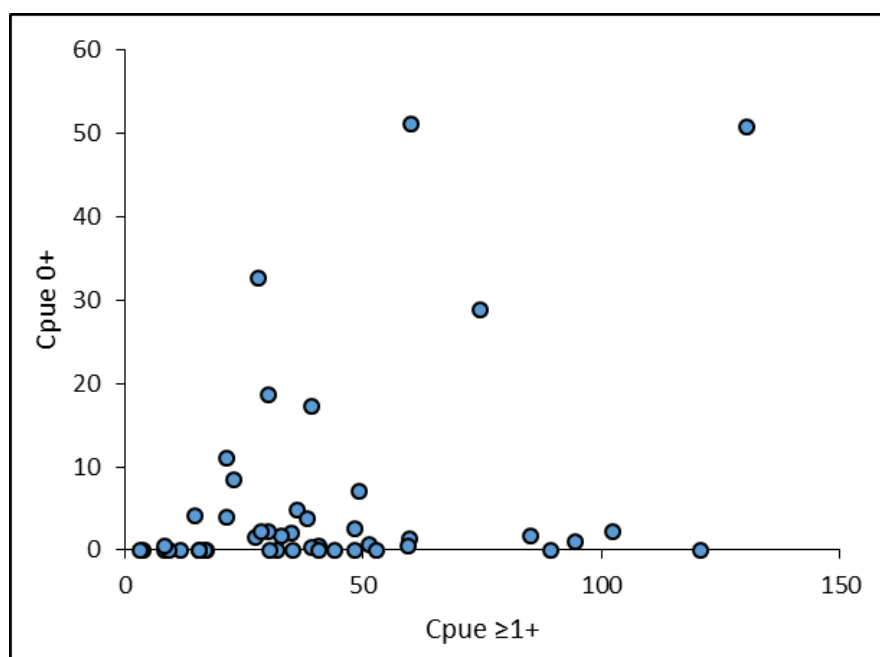
Mort ble fanget i 10 innsjøer; Nordre Kornsjø, Haugetjern, Lysevatn, Løksvatn, Langtjern, Rødsvatn, Kirkevatn, Sevtjern, Stenerudtjern og Lerbekktjern. I Nordre Kornsjø ble det i tillegg tatt 33 individ på flytegarn. Variasjonen i fangstutbyttet hos mort ble også benyttet til å skille mellom antatt skadde og uendra bestander (**figur 8**). I tre innsjøer varierte fangstutbyttet mellom 1-20 individ (2,2-12,2), mens det i tre andre lokaliteter var på 20-30 individ (23,3-27,2). Følgelig ble seks bestander vurderte som skadde. I de fire andre innsjøene med mort varierte fangstutbyttet mellom 31,4 og 121,5 individ. Det gjennomsnittlige fangstutbyttet med antatt skadde og uendra bestander var henholdsvis $15,3 \pm 11,3$ (n=6) og $79,0 \pm 38,8$ (n=4). I motsetning til hos abbor var mort fanget på bunngarn betydelig større enn de fanget på flytegarn, med gjennomsnittlige lengder på henholdsvis 128 ± 40 (n=1076) og 106 ± 12 mm (n=33).

4.3.3 Sympatriske bestander av abbor og mort

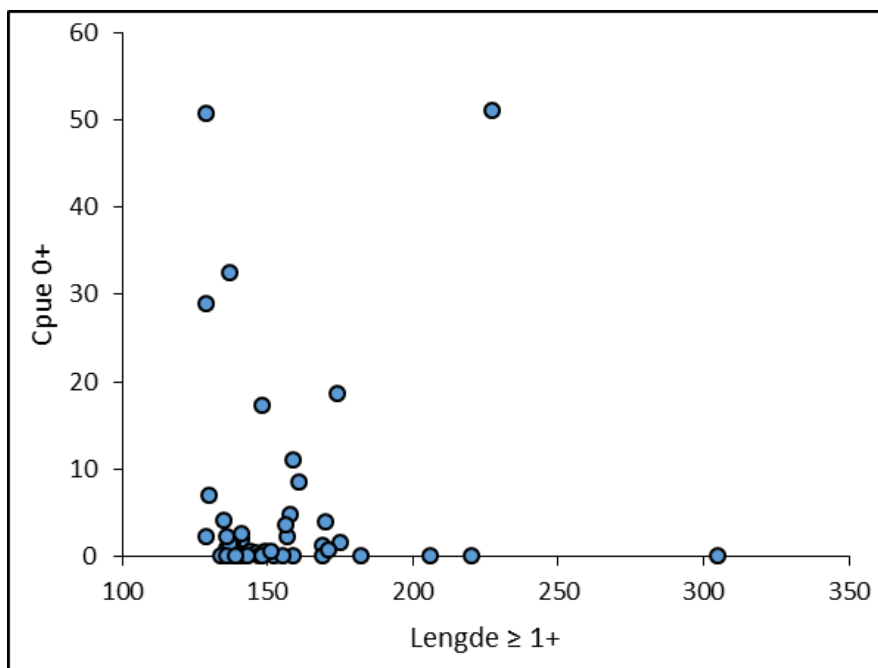
Fire innsjøer med utdødde bestander av mort hadde relativt høye tettheter av abbor med Cpue på 90 til 120 individ. Det var derimot tynne abborbestander både i Hauganetjern (Cpue=9,3) og Løksvatn (Cpue=16,7), der heller ikke morten var særlig tallrik (Cpue=2,2). Langtjern (NVE nr. 3014) og Lysevatn, som begge er kalka, hadde middels tette bestander av både mort og abbor med Cpue på henholdsvis 31,6 vs. 32,6 og 24,4 og 42,0. Stenerudtjern hadde imidlertid tette bestander av både abbor og mort med Cpue=121 av hver art. Hos sameksisterende (sympatriske) bestander av abbor og mort (n=10) var det et signifikant sammenheng mellom fangstutbytterne ($F_{1,8}=50,51$, $R^2=0,86$, $P<0,0001$) (**figur 12**).



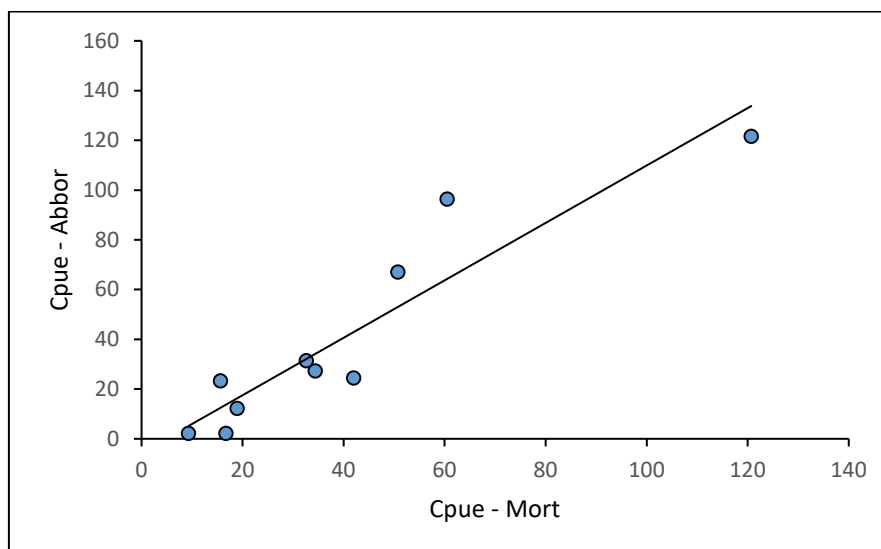
Figur 9. Sammenhengen mellom gjennomsnittlig lengde og bestandstetthet (Cpue) hos abbor $\geq 1+$ i 46 innsjøer i Enningdalsvassdraget. Ligning: $Lengde = -0,31Cpue \geq 1+ + 168,71$



Figur 10. Sammenhengen mellom fangstutbytte (Cpue) hos abboryngel og hos individ med alder $\geq 1+$ i 46 innsjøer i Enningdalsvassdraget.



Figur 11. Sammenhengen mellom fangstutbytte (Cpue) hos abboryngel og gjennomsnittlig lengde hos individ med alder $\geq 1+$ i 46 innsjøer i Enningdalsvassdraget.



Figur 12. Sammenhengen mellom Cpue hos sympatriske bestander av abbor og mort i ti innsjøer i Enningdalsvassdraget. Ligningen er: $Cpue (abbor) = 9,6 + 0,748 * Cpue (Mort)$.

4.3.4 Andre arter

Det ble fanget gjedde i 16 innsjøer, men bare 1-6 individ i hver lokalitet (**tabell 9**). Størst fangstutbytte var i Sevtjern og Endetjern med henholdsvis fem og seks individ. De fleste gjeddene hadde lengder på 400-500 mm, og i noen innsjøer var det innslag av fisk på 200-300 mm.

Aure ble fanget i sju innsjøer, med totalt 24 individ. Utbyttet var størst i Nordre Boksjø (n=9), etterfulgt av Søndre Boksjø og Stenslundtjern med fire individ i hver. I Haugåstjern, Trolldalstjern, Nordre Hogsjø og Søndre Hogsjø bestod fangsten av bare 1-2 fisk. De største individene ble tatt

i Nordre Boksjø med en gjennomsnittlig lengde på 382 ± 92 (250-475 mm). Det minste individet ble fanget i Søndre Hogsjø (152 mm), mens lengden i de andre innsjøene varierte mellom 217-274 mm. Rekrutteringen hos aure i disse innsjøene synes derfor å være svært begrenset.

Tabell 9. Gjennomsnittlig lengde i mm \pm standard avvik ($L \pm SD$) hos gjedde fanget i innsjøer i Enningdalsvassdraget. Vann-nr. referer seg til **tabell 1** og **figur 2**. n=antall fisk.

Vann-nr.	Innsjø	$L \pm SD$	n
9	Ørsjøen	538 ± 334	3
17	Ellefsrødtjern	480 ± 0	1
20	Geddelundtjern	555 ± 7	2
22	Elgsjøen	575 ± 0	1
30	Danmarktjern	400 ± 0	1
31	Brønntjern	531 ± 1	2
32	Kornsjø Nordre	289 ± 73	2
33	Haugetjern	445 ± 14	2
35	Endetjern	259 ± 57	6
38	Sevtjern	581 ± 142	5
39	Løksvatn	620 ± 120	2
40	Langtjern	306 ± 0	1
46	Elgvatn Øvre	429 ± 119	3
49	Langevannet	470 ± 0	1
55	Langvann	615 ± 0	1
58	Slatjern	555 ± 0	1
Totalt		460 ± 167	34

4.4 Fangstutbytte vs. vannkvalitet hos abbor og mort

4.4.1 Abbor

Hos abbor var fangstene større i kalka enn i ikke-kalka innsjøer, med gjennomsnittlig Cpue på henholdsvis 48,6 og 33,3 individ (**tabell 10**). Trestikket, som ikke er kalka, hadde det høyeste utbyttet med Cpue=181,4. Blant kalka innsjøer hadde Bordtjern og Damtjern (NVE nr. 3015) lavest og høyest utbytte med Cpue på henholdsvis 3,9 og 103,3 individ.

Tabell 10. Gjennomsnittlig fangstutbytte (Cpue) $\pm SD$ hos abbor og mort i ikke-kalka og kalka innsjøer i Enningdalsvassdraget.

Art	Behandling		Antall	
	Ikke-kalka	Kalka	Ikke-kalka	Kalka
Abbor	$33,3 \pm 41,7$	$48,6 \pm 27,0$	22	33
Mort	$24,8 \pm 40,4$	$13,3 \pm 28,0$	10	12

Både status og fangstutbytte hos abbor var korrelert med vannkvalitet (**tabell 11**). Ikke-kalka innsjøer med tapte bestander hadde en gjennomsnittlig pH på 4,80, mot 5,11 og 5,38 i lokaliteter med henholdsvis skadde og uendra bestander. Innsjøer med tapte bestander hadde også betydelig mer uorganisk Al (Ali) og lavere ANCoaa enn innsjøer med fisk.

Ingen av de ni innsjøene med tapte abborbestander er kalka. De 13 reduserte bestandene fordelte seg med ni i ikke-kalka innsjøer og fire i kalka innsjøer. Fangstutbyttet var imidlertid ikke vesentlig forskjellig i de to gruppene med Cpue på henholdsvis 15,2 og 11,8 individ. Heller ikke blant de 33 innsjøene med antatt gode og uendra bestander var fangstutbyttet i ikke-kalka og kalka innsjøer særlig forskjellig med Cpue på henholdsvis 64,1 (n=15) og 56,7 individ (n=18).

Ved analysen mellom fangstutbytte hos abbor (Cpue) i forhold til ulike kjemiske parametre ble dataene fra to innsjøer ekskludert. Dette gjelder Korstjern og Trestikket som til tross for dårlig vannkvalitet hadde tette abborbestand, med henholdsvis pH=4,23 vs. Cpue=104,4 og pH05,12 vs. Cpue=181,4). Fangstutbyttet for de 53 andre bestandene var signifikant korrelert, basert på en lineær modell, med pH ($F_{1,51}=17,93$, $R^2=0,26$, $P<0.0001$, Ali ($F_{1,51}=18,84$, $R^2=0,27$, $P<0.0001$) og ANCoaa ($F_{1,51}=17,30$, $R^2=0,25$, $P<0,0001$).

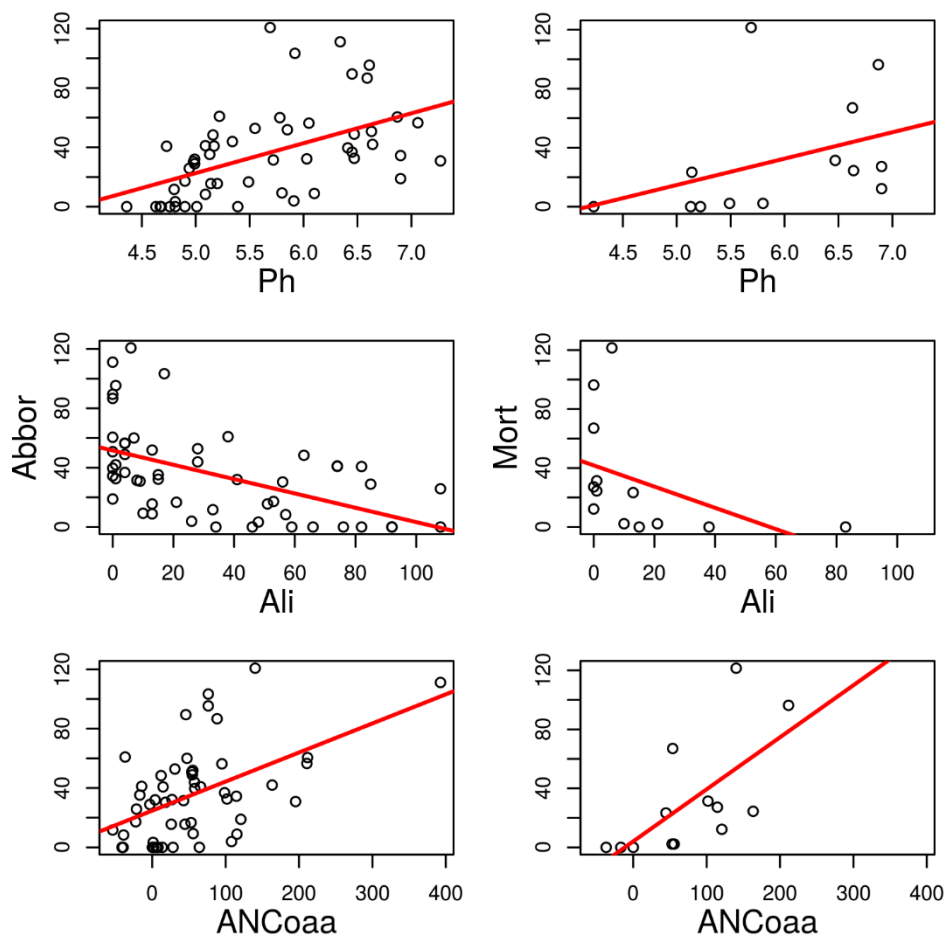
4.4.2 Mort

Fangstutbyttet hos mort var betydelig høyere i ikke-kalka enn i kalka innsjøer, med gjennomsnittlig Cpue på henholdsvis 24,8 (n=5) og 13,3 (n=5) individ (**tabell 11**). Dette skyldes at enkelte bestander hadde gått tapt før kalkstart, uten å bli gjeninnført. I slike lokaliteter vil følgelig fangstutbyttet forbli null til tross for at vannkvaliteten har blitt god. Ved en analyse av fiskestatus og vannkvalitet i innsjøer med mort er det derfor skilt mellom ikke-kalka og kalka innsjøer. Og det var en klar sammenheng mellom status, fangstutbytte og vannkvalitet. Ikke-kalka innsjøer med tapte bestander hadde en gjennomsnittlig pH på 5,23, mot 5,48 og 6,26 i innsjøer med henholdsvis skadde og uendra bestander. Innsjøer med tapte bestander hadde også betydelig høyere innhold av Ali og lavere ANCoaa enn de med skadde og uendra bestander.

Hos mort er tilsvarende analyse basert på data fra 13 lokaliteter. Det omfatter ni ikke-kalka innsjøer, kalka innsjøer (Nordre Kornsjø og Lysevatn) og de påvirkte av kalking (Rødsvatn og Kirkevatn). Data fra åtte kalka innsjøer hvor morten gikk tapt før kalking, og hvor den ikke har blitt gjeninnført, er ekskludert. Det samme gjelder Endetjern der morten har gått tapt til tross for at lokaliteten har god vannkvalitet (pH=6,45). Tjernet er svært grunt med et maksimum dyp på bare 1,5 m, og det er i ferd med å gro igjen. At morten har gått tapt kan derfor skyldes oksygenmangel. I de 13 innsjøene med mort var Cpue kun signifikant korrelert, basert på en lineær modell, med ANCoaa: $F_{1,11}=8,09$, $R^2=0,42$, $P<0,05$ (**figur 13**). Forholdet til pH: $F_{1,11}=1,99$, $R^2=0,15$, $P=0,186$, og Ali: $F_{1,11}=2,45$, $R^2=0,18$, $P=0,146$.

Tabell 11. Gjennomsnittlige verdier \pm SD for fangstutbyttet (Cpue), pH, uorganisk Al (Ali) og ANCoaa i ikke-kalka (IK) og kalka (K) innsjøer med tapte, skadde og uendra bestander av mort og abbor i Enningdalsvassdraget. n=antall innsjøer.

Art/ Status	Cpue		pH		Ali (µg/L)		ANCoaa (µekv/L)		n
	IK	K	IK	K	IK	K	IK	K	
MORT									
Tapte	0,0 \pm 0	0,0 \pm 0,0	5,23 \pm 0,86	6,35 \pm 0,50	34,0 \pm 36,2	5,6 \pm 9,3	84,8 \pm 205,9	87,0 \pm 53,6	4-8
Skadet	9,3 \pm 12,2	21,3 \pm 8,0	5,48 \pm 0,33	6,81 \pm 0,15	14,7 \pm 8,7	0,3 \pm 0,6	51,1 \pm 5,8	132,9 \pm 26,6	3-3
Uendret	73,31 \pm 45,4	96,3 \pm 0,0	6,26 \pm 0,50	6,87 \pm 0,00	2,3 \pm 3,2	0,0 \pm 0,0	98,6 \pm 43,3	211,6 \pm 0,0	3-1
ABBOR									
Tapte	0,0 \pm 0	-	4,80 \pm 0,29	-	72,8 \pm 23,8	-	4,5 \pm 32,2	-	9-0
Skadet	15,2 \pm 8,2	11,8 \pm 6,7	5,11 \pm 0,33	6,03 \pm 0,70	47,6 \pm 33,0	22,5 \pm 21,8	1,6 \pm 40,7	92,5 \pm 44,7	9-4
Uendret	64,1 \pm 44,7	56,7 \pm 22,5	5,38 \pm 0,67	6,35 \pm 0,53	38,9 \pm 31,9	7,5 \pm 9,2	50,6 \pm 106,2	94,8 \pm 60,5	15-18



Figur 13. Fangstutbyttet ($Cpue$) hos abbor ($Cpue-A$) og mort ($Cpue-M$) i henholdsvis 44 og 13 innsjøer i Enningdalsvassdraget i forhold til pH, Ali ($\mu\text{g/L}$) og ANCoaa ($\mu\text{ekv/L}$). Forholdene er beskrevet ved følgende ligninger: $Cpue-A = 20,14 \cdot pH - 78,8$. $Cpue-A = -0,48 \cdot Ali + 51,60$. $Cpue-A = 0,20 \cdot ANCoaa + 24,74$. $Cpue-M = 17,89 \cdot pH + 74,68$. $Cpue-M = 0,72 \cdot Ali + 41,78$. $Cpue-M = 0,35 \cdot ANCoaa + 4,07$.

5 Diskusjon

Enningdalsvassdraget er blant vassdragene i Sør-Norge med størst biologisk mangfold mht. ferskvannsfisk. Det er registrert til sammen 22 fiskearter, hvorav 13 arter er knyttet til innsjøer. I tillegg har det tidligere også vært krøkle og vederbuk i noen av innsjøene. Vi kjenner artsinventaret i 60-70 innsjøer med et areal > 1,2 hektar på bakgrunn av prøvefiske. I tillegg kan det finnes fisk i 10-20 andre mindre tjern, trolig i så fall i hovedsak abbor. Omfanget av fiskeskadene er også evaluert vha. spørreundersøkelser, med bl.a. opplysninger fra 1950 (Vasshaug 1990).

Det er ukjent i hvor stor grad den registrerte forekomsten av de enkelte artene viser deres naturlige utbredelse. Marin grense ligger på 174 m o.h., og i høyereliggende vann kan fisken i noen grad ha være utsatt. Dette gjelder nok i første rekke abbor, som er den vanligste arten i vassdraget. Totalt ble det fanget abbor i 46 innsjøer, mens arten hadde gått tapt i ytterligere ni innsjøer. Abbor er også eneste art i innsjøer over marin grense, der den forekommer eller har forekommet i minst 18 innsjøer. Det foreligger to opplysninger om utsetting av abbor i innsjøer over marin grense. I Trestikket (214 m o.h.) ble det i sin tid overført abbor fra Ørsjøen (Torbjørn Olsen, Prestebakke, pers. med.). I Gravdalstjern (193 m o.h.) nordøst for Nordre Boksjø er det også satt ut abbor, trolig ikring 1940 (Vasshaug 1990). Trolig er det satt ut abbor i flere vann i vassdraget.

Gjedda er også en vanlig fiskeart i Enningdalsvassdraget, med forekomst i minst 23 innsjøer. Den har imidlertid ikke klart å ta seg opp i Søndre og Nordre Boksjø som begge er lokalisert litt under marin grense, på henholdsvis 166 og 173 m o.h. Derimot har trolig Nordre Kornsjø (141 m o.h.) en naturlig bestand av gjedde. Men gjedda har ikke spredt seg naturlig til Ørsjøen på 142 m o.h. i nordvestlige deler av vassdraget. Hit ble gjedde mest sannsynlig innført allerede på 1500-tallet (Huitfeldt-Kaas 1918). Det har for øvrig blitt satt ut gjedde i en rekke innsjøer i Østfold (Anonym 1988). Det kan også gjelde lokaliteter i Enningdalsvassdraget. At gjedde ble satt ut i Ørsjøen kan tyde på at det også gjelder Hokksjøen (148 m o.h.) og Ellefsrød tjern (150 m o.h.) som ligger i nærheten.

Mort er registrert i innsjøer lokalisert opp til 173 m o.h. (Nordre Boksjø), dvs. nær marin grense. Det er derfor sannsynlig at deres dagens utbredelse i stor grad er naturlig. At det fantes mort helt opp til Boksjøene kan tyde på at den vandret inn i vassdraget noe tidligere enn f.eks. gjedda. Mort er blant de artene som Huitfeldt-Kaas (1918) omtaler som «Mjøsen – (Odals) Storsjøfiskene». Han mente at ut fra mortens vanlige forekomst i relativt høyereliggende innsjøer på Østlandet, og deres dårlige svømmeevne, at den var blant de tidligste, om ikke den aller tidligste innvandrerer.

Det foreligger dårlig kunnskap om aurens naturlige utbredelse i Enningdalsvassdraget. Dette skyldes bl.a. at det har vært omfattende settinger gjennom flere tiår. På den andre side kan tallet på naturlige aurebestander være underestimert pga. forsuringstap i en tidlig fase. Men både manglende gytebekker og konkurranse fra abbor og gjedde har nok begrenset forekomsten av aure i vassdraget. Til sammen er minst åtte naturlige aurebestander vurdert som tapt, som er noe lavere enn tidligere antatt (jf. Hesthagen mfl. 2007a). Det kan forekomme bekelevende aurebestander som ikke er påvist ved våre undersøkelser.

Vederbuk fantes opprinnelig både i Nordre og Søndre Boksjø. Denne arten tilhører også «Mjøsen – (Odals) Storsjøfiskene» (Huitfeldt-Kaas 1918). Men vederbuk har en mer begrenset utbredelse på Østlandet enn f.eks. mort. Innen denne gruppen av fisk er derfor trolig vederbuka blant de aller siste innvandrerne (Huitfeldt-Kaas 1918). Av andre karpefisker med en begrenset utbredelse i Enningdalsvassdraget inngår gullbust og sørv. Begge artene er kun påvist i Enningdalselva og i indre Iddefjord (Borgstrøm mfl. 1974, Saltveit 1998). Det er imidlertid sørv i tre innsjøer på svensk side av vassdraget; Aspen, Kolstorpevattnet og Södra Bullaresjön (Johansson & Hesthagen 2012). Sørv omfattes av de såkalte «Øyeren-Smaalensfiskene», og var blant de siste fiskeartene som vandret inn i landet etter siste istid (Huitfeldt-Kaas 1918). Deres utbredelse er i

stor grad begrenset til Halden-Hobølvassdraget og nedre deler av Glomma (Huitfeldt-Kaas 1918, Hesthagen & Sandlund 2012).

I Enningdalsvassdraget har mange innsjøer vært sterkt forsuret i flere ti-år. Dette var trolig merkbart alt tidlig på 1900-tallet, for i 1950-51 ble pH målt til 4,7-4,9 i flere innsjøer (Vasshaug 1990). Og seinere tiltok forsuringen ytterligere, for i perioden 1979-83 ble pH i Nordre Boksjø målt til 4,5-4,8 (Raddum mfl. 1984). Hos både abbor var det en klar sammenheng mellom fangstutbytte (Cpue) og vannkvalitet, både mht. pH, uorganisk Al (Ali) og syre nøytraliserende kapasitet (AN-Coaa). Og forsuringen har ført til omfattende fiskeskader. Av totalt 154 kartlagte bestander har minst 57 gått tapt, dvs. 37,0 %. I antall har skadene vært størst hos mort med 19 tapte bestander (65,5 % av totalen). I ikke-kalka innsjøer med tapte bestander var pH og innholdet av Ali henholdsvis 5,23 og 34 µg/L. Også ni abborbestander har gått tapt, som mest sannsynlighet skyldtes forsuring med 4,80 i pH og 73 µg/L Ali. De fleste innsjøer med tapte abborbestander er lokalisert over marin grense i nordre deler av nedbørfeltet.

Totalt har altså abboren gått tapt i minst ni ikke-kalka innsjøer. Og basert på fangstutbytte ved prøvefiske er det antatt at 13 abborbestander er skadet. Dette omfattet ni bestander i ikke-kalka innsjøer og fire bestander i kalka innsjøer. Årsaken til det lave fangstutbyttet i alle de kalka innsjøene (Cpue=3,0-18,9) er noe usikkert. I Nordre Hogsjø med Cpue=15,6 kan det skyldes forsuring, med pH 5,20 og 51 µg/L Ali. Men i Bordtjern med Cpue=3,9 er ikke vannkvaliteten spesielt dårlig med pH 5,91 og 26 µg/L Ali. Her ble prøvefisket foretatt i 2006, mens kalkingen ble avsluttet i 1999. Det kan derfor ha vært en re-forsuring med kraftige pH-fall i perioder på våren som vist i Brønntjern (Hesthagen mfl. 2014). Trolldalsvatn og Kirkevatn er de to andre kalka innsjøene med tynne abborbestander. I Kirkevatn kan dette skyldes konkurranse fra andre arter som mort, flire og brasme. Alle de fire kalka innsjøene med tynne abborbestander hadde også rekrutteringssvikt.

Morten var trolig blant de første fiskeartene som ble rammet av forsuringen i Enningdalsvassdraget. Søndre Boksjø hadde en talrik bestand fram til begynnelsen på 1900-tallet (Almer 1972). Også Huitfeldt-Kaas (1918) opplyser om mort i Boksjøene tidlig på 1900-tallet. Derimot hadde ikke informantene til Vasshaug i 1950, Harald Ødegarden og Hans Stangebraaten, kjennskap til når morten forsvant (Vasshaug 1990). Harald Ødegarden bodde på Ødegarden ved utløpet av Nordre Boksjø. Han opplyser at på den tiden hadde innsjøen abbor, aure, røye og ørekyt. I Søndre Boksjø forsvant morten rundt 1930 (Almer 1972, Almer & Hanson 1980). Morten er også svært forsuringfølsom og dør ut ved pH rundt 5,0 (Rask mfl. 1995). I flere forsuringsrammede innsjøer på vestkysten av Sverige ble morten utryddet allerede på 1920/30-tallet (Almer mfl. 1974). I dette området forsvant etter hvert ikring 40 % av alle bestandene av mort (Almer & Hanson 1980). Noen restbestander hadde rekrutteringssvikt og dominans av eldre og større individ. Hos mort i Enningdalsvassdraget var gjennomsnittlig fangstutbytte betydelig høyere i ikke-kalka enn kalka innsjøer, med Cpue på henholdsvis 24,8 (n=5) og 13,3 individ (n=5). Dette skyldtes tap av mort i flere innsjøer før kalkstart. Fordi mort ikke har blitt gjeninnført i disse kalka innsjøene, vil fangstutbyttet nødvendigvis forbli null til tross for at vannkvaliteten nå har blitt god.

Fire av fem bestander av ørekyt har også gått tapt. Det er noe usikkert om ørekyta i Nordre Boksjø gikk tapt. Men dette er sannsynlig ut fra deres forsuringfølsomhet. Ørekyta har blitt utryddet i mange forsuringrammede innsjøer i nærheten av Enningdalsvassdraget, som på vestkysten av Sverige (Almer mfl. 1974). Videre har røyebestander i Nordre Boksjø, Søndre Boksjø og Ørsjøen gått tapt. Søndre Boksjø hadde en bra røyebestand fram til midten av 1850-tallet. Den ble på den tida i stor grad beskattet i gytetida (Almer mfl. 1972). Det samme har trolig vært tilfelle for røyebestanden i Nordre Boksjø. Også i Ørsjøen har det vært røye, men bestanden gikk tapt «for lenge siden» (Vasshaug 1990). Dette må skyldes andre årsaker en forsuring, kanskje nedslamming av gyteplasser. Av andre arter som har gått tapt inngår aure (n=8), vederbuk (n=6), krøkle (n=4), gjedde (n=3) og sik (n=1).

I Enningdalsvassdraget har det altså vært en omfattende kalkingsaktivitet siden 1980/1900-tallet. På norsk side har 24 av innsjøene som inngikk i undersøkelsen vært kalka. I tillegg kommer

16 mindre innsjøer. Arealet på de kalka innsjøene utgjør ca. 92% av totalen. Kalkingen har ført til en betydelig bedre vannkvalitet med gjennomsnittlig pH og uorganisk Al (Ali) på henholdsvis 6,27 og 11 µg/L. Kalkingen har med stor sannsynlighet reddet flere fiskebestander fra å bli utryddet. Bestandene av abbor i Boksjøene var f.eks. sterkt redusert med sviktende rekruttering før kalkstart (jf. Borgstrøm mfl. 1974). Seinere skjedde det en kraftig bestandsøkning, og på 2000-tallet hadde begge innsjøene høye tettheter av abbor. pH og Ali var på det tidspunktet henholdsvis 6,61-7,06 og 1-4 µg/L. I Ørsjøen var bestandene av sik og lagesild sterkt redusert før kalkstart i 1986. I Nordre Boksjø var auren sterkt påvirket av forsurening før kalkstart i 1985, kanskje også utryddet (Walseng & Hesthagen 2010). Det var en klar bestandsøkning etter kalking, men det kan skyldes utsettinger. En undersøkelse i 1991 viste god rekruttering med dominans av yngre individ (Kleiven & Håvardstun 1997). Fram til 1994 økte bestanden ytterligere (Øxnevad 1995). Det året var det også bra med gytefisk i bekken mellom Nordre og Søndre Boksjø. Det ble derfor anbefalt å avslutte utsettingene.

Kalkingen er nå avsluttet i åtte innsjøer, etter hvert som den sure nedbøren har avtatt. Bordtjern ble tatt ut av kalkingsprogrammet i 1999, etterfulgt av Brønntjern og Lysevatn i henholdsvis 2005 og 2006 (gjenopptatt i 2013). I 2012 ble kalkingen avsluttet i ytterligere seks lokaliteter. Brønntjern har opprettholdt en god abborbestand etter kalkslutt (Hesthagen mfl. 2014). Vannkvaliteten har også vært tilfredsstillende, og er trolig nær et før-forsuringsnivå. Rekrutteringen hos abbor i Brønntjern har imidlertid vist store årlige variasjoner etter kalkslutt. Dette skyldes trolig temperatur-regime under klekkingen på våren, samt konkurranse og predasjonstrykk fra en vekslende bestand av eldre individ. Før kalkstart var gjeddebestanden i Brønntjern noe redusert, men i dag er den livskraftig.

Vannkvaliteten er ikke lenger begrensende faktor for re-etablering av fisk i kalka innsjøer i Enningdalsvassdraget (jf. Holmgren 2014). Likevel har bare sju bestander blitt reetablert, eller 13 % av alle tapte bestander. Det er altså antatt at ørekyta i Nordre Boksjø har gått tapt og blitt reetablert i samband med bruken av levende agn (Hesthagen mfl. 2002, Walseng & Hesthagen 2010). Videre har røye blitt reetablert i Søndre Boksjø etter minst tre utsettinger på 1980-tallet. De stedegne aurebestandene i Boksjøene og i Ørsjøen har trolig også gått tapt, og blitt reetablert vha. utsettinger. Sviktende naturlig reetablering av fisk i de kalka innsjøene i Enningdalsvassdraget skyldes mangelen på donor-bestander og vandringsbarrierer (jf. Bergquist 1991, Degerman mfl. 1992, 1995, Appelberg 1998, Öhman mfl. 2006). Det er derfor nødvendig med omfattende utsettinger dersom målet er å gjenskape de naturlige fiskesamfunnene i vassdraget.

6 Referanser

- Almer, B. 1972. Försurningens inverkan på fiskebestand i västkustsjöar. Inform. Sötvattenlab. Drottningholm No. 12-192. 47 s.
- Almer, B., Dickson, W., Ekström, C., Hörnström, E. & Miller, U. 1974. Effects of acidification on Swedish lakes. *AMBIO* 3: 30-36.
- Almer, B. & Hanson, M. 1980. Försurningseffekter i västkustsjöar. Inform. Sötvattenlab. Drottningholm No. 5-1980. 44 s.
- Anon. 2016. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 9b. 849 s.
- Appelberg, M. 1998. Restructuring of fish assemblages in Swedish lakes following melioration of acid stress through liming. *Rest. Ecol.* 6: 343-352.
- Appelberg, M., Berger, H.M., Hesthagen, T., Kleiven, E., Kurkilahti, M., Raitaniemi, J. & Rask, M. 1995. Development and intercalibration of methods in Nordic freshwater fish monitoring. *Water, Air Soil Pollut.* 85: 401-406.
- Andersson, J., Nilsson, F. & Rehndell, S. 2012. Vattenvårdsplan för Enningdalsälven. Länsstyrelsen, Västra Götalands Län, Rapport 2012:09.
- Bergquist, B.C. 1991. Extinction and natural recolonization of fish in acidified and limed lakes. *Nordic J. Freshwat. Res.* 66: 50-62.
- Borgstrøm, R., Eie, J.A., Hardeng, G., Nordbakke, R., Raastad, J.E. & Solem, J.O. 1974. Inventeringer av verneverdige områder i Østfold. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 17. 71 s.
- CEN 2015. Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets. European Committee for Standardization, EN 14757.
- Collet, R. 1905. Meddelelser om Norges fiske i aarene 1884-1901. III. Norsk vidensk. Selsk. Christiania. Forhl. 1903, nr 9. 173 s.
- Gunnarsson, L. 2016. Kalkningsplan för Hosjön, gränsebäckens avrinningsområde. Tanums kommun Miljö – och byggnadsförvaltningen. Miljøavdelningen. Stenisert rapport. 5 s.
- Hesthagen, T., Berger, H.M., Larsen, B.M., Nøst, T. & Sevaldrud, I.H. 1992. Abundance and population structure of perch (*Perca fluviatilis* L.) in some acidic Norwegian lakes. *Environ. Pollution* 78: 97-101.
- Hesthagen, T., Sevaldrud, I.H. & Berger, H.M. 1994. Utvikling i forsureingsskader på fiskebestander i Sør-Norge etter 1950. NINA Forskningsrapport 50. 16 s.
- Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. 1997. Endringer i utbredelse av ørekyte i Norge: årsaker og effekter. NINA Fagrapport 13. 16 s.
- Hesthagen, T., Sevaldrud, I.H. & Berger, H.M. 1999. Assessment of damage to fish populations in Norwegian lakes due to acidification. *AMBIO* 28:12-17.
- Hesthagen, T., Walseng, B. & Karlsen, L.R. 2002. Effekter av forsuring og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget, Østfold. NINA Oppdragsmelding 761. 42 s.
- Hesthagen, T., Walseng, B., Karlsen, L.R. & Langåker, R.M. 2007a. Effects of liming on the aquatic fauna in a Norwegian watershed: why do crustaceans and fish respond differently? *Water, Air, Soil Pollut. Focus* 7: 339-345.
- Hesthagen, T., Walseng, B. & Karlsen, L.R. 2007b. Effekter av forsuring og kalking på fisk og krepsdyr i innsjøer i Enningdalsvassdraget i Østfold. Framdriftsrapport for 2006. NINA Mini-rapport 201. 26 s.
- Hesthagen, T. & Østborg, G. 2008. Endringer i areal med forsureingsskadde fiskebestander i norske innsjøer fra rundt 1990 til 2006. NINA Rapport 169. 114 s.

- Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. 2012. Gjedde, sørv og suter: status, vektorer og tiltak mot uønsket spredning. NINA Rapport 669. 45 s.
- Hesthagen, T. & Walseng, B. 2012. Fiskesamfunnet i Ørsjøen i Enningdalsvassdraget før og etter kalking. pH-status 18 (nr. 3-2012): 4-6.
- Hesthagen, T. & Vøllestad, A. 2013. Jørgen Vasshaug – lektoren som satte Østfolds fiskevann på kartet. pH- status 19 (nr. 1-2013): 3-5.
- Hesthagen, T., Sandlund, O.T. & Brabrand, Å. 2012. Forekomst og status for gjørs *Stizostedion lucioperca* i Norge. Fauna 65: 2-12.
- Hesthagen, T., Walseng, B. & Karlsen, L.R. 2014. Utviklingen i krepsdyrsamfunnet og abborbestanden i Brønntjern, Enningdalsvassdraget, etter avsluttet kalking. NINA Rapport 858. 39 s.
- Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A.J., Ugedal, O., Jonsson, N., Storeid, S.-E., Arnekleiv, J.V., Saltveit, S.J., Sægrov, H. & Sættem, L.M. 2007. Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. NINA Rapport 226. 78 s.
- Holmgren, K. 2014. Challenges in assessing biological recovery from acidification in Swedish lakes. AMBIO 43: 19-29.
- Huitfeldt-Kaas, H.H. 1918. Ferskvandfiskenes indvandring og utbredelse i Norge, med et tillegg om krebsen. Centraltrykkeriet, Kristiania.
- Johansson, D. & Nilsson, F. 2007. Kalkspredningsplan för åtgärdsområdet Boksjö-Kornsjö 2007-2011. Huvudman Tanums kommun. 112 Enningdalsälven avrinningsområde. Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Steniserat rapport. 6 s.
- Johansson, D. 2009a. Nätprovfiske i Södra Boksjön & Södra Kornsjön 2009. Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Vattenvårdsenheten. Rapport nr 2009:75. 33 s.
- Johansson, D. 2009b. Nätprovfiske i Norra Kornsjön och Mellan Kornsjön 2008. Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Vattenvårdsenheten. Rapport nr 2009:62. 31 s.
- Johansson, D. & Hesthagen, T. (red). 2012. Fiskevårdsplan för sjöar och vattendrag i Enningdalsälvens avrinningsområde. Länsstyrelsen i Västra Götalands Län, Rapport 2012:54. 285 s.
- Jonsson, B., Muniz, I.P. & Jonsson, N. 2004. Sjøaureovervåking langs Skaggerakkysten. Erfaringer fra et forprosjekt utført i perioden 1998-2003. NINA Minirapport 54. 31 s.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Ugedal, O. 2011. Production of juvenile salmonids in small Norwegian streams is affected by agricultural land use. Freshwat. Biol. 56: 2529-2542.
- Kaikkonen, V. & Rehndell, S. 2010. Biotopkartering av vattendrag i Enningdalsälvens avrinningsområde. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Vattenvårdsenheten, Rapport nr 2010:54. 113 s.
- Karlsen, L.R. 1997. El-fiske og befarng av bekken mellom Nordre og Søndre Boksjø, 13.06.97. Notat fra Fylkesmannen i Østfold. Moss.
- Kleiven, E. & Håvardstun, J. 1997. Fiskebiologiske effektar av kalking i 50 innsjøar. NIVA Rapport L.nr. 3765-97. 174 s.
- Larsen, B.M., Hesthagen, T., Thorstad, E. & Diserud, O.H. 2014. Increased abundance of European eel (*Anguilla anguilla*) in acidified Norwegian rivers after liming. J. Freshwat. Fish 24: 575-583.
- Lydersen, E., Larssen, T. & Fjeld, E. 2004. The influence of total organic carbon (TOC) on the relationship between acid neutralizing capacity (ANC) and fish status in Norwegian lakes. Sci. Total Environ. 326: 63-69.
- Pethon, P. 2005. Aschehougs store fiskebok. H. Aschehoug & Co (W. Nygaard) AS.
- Raddum, G.G., Hagenlund, G. & Halvorsen, G.A. 1984. Effects of lime treatment on the benthos of Lake Søndre Boksjø. Rep. Inst. Freshwat. Rep., Drottningholm 61: 167-176.
- Rask, M., Mannio, J., Forsius, M., Posch, M. & Vuorinen, P.J. 1995. How many fish populations in Finland are affected by acid precipitation? Environ. Biol. Fish 42: 51-63.

- Rosseland, B.O., Balstad, P., Mohn, E., Muniz, I.P. & Sevaldrud, I. 1979. Bestandsundersøkelser. DATAFISK-SNSF-77. SNSF prosjektet. Teknisk Notat 45/79. 1432-Ås. Oslo.
- Saltveit, S.J. 1998. Kartlegging av gytebestand og naturlig rekruttering i Enningdalselva, Østfold. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 173. 19 s.
- Saltveit, S.J. 2002. Tetthet, vekst og naturlig rekruttering hos laks i Enningdalselva, Østfold. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 214. 17 s.
- Saltveit, S.J. 2006. Laks og ørret i Enningdalselva, Østfold. Årsrapport for 2004 og 2005. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske, Oslo, 244. 16 s.
- Schartau, A.K., Lagergren, R. & Hesthagen, T. 2012. INTERREG prosjektet Enningdalselven. Uttesting av overvåkingsmetodikk og systemer for klassifisering av tilstand (Bedömningsgrunder) jf. vanndirektivet. NINA Rapport 875. 72 s.
- Sevaldrud, I.H. & Muniz, I.P. 1980. Sure vatn og innlandsfiske i Norge. Resultater fra intervjuundersøkelsene 1974-1980. SNSF prosjektet, IR 77/80. 95 s.
- Spikkeland, I. & Basnes, S.H. 2009. Asp i Haldenvassdraget, Akershus/Østfold. Fauna 62(3): 84-89.
- Thorstad, E.B., Larsen, B.M., Hesthagen, T., Næsje, T.F., Poole, R., Aarestrup, K., Pedersen, M.I., Hanssen, F., Østborg, G., Økland, F., Aasestad, I. & Sandlund, O.T. 2010. Ål og konsekvenser av vannkraftutbygging – en kunnskapsoppsummering. NVE, Miljøbasert vannføring, Rapport nr. 1-2010. 135 s.
- Vasshaug, J. 1990. Undersøkelser av fiskevann i Østfold i årene 1950-52. Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernavdelingen, Rapport 14-1990. 84 s.
- Walseng, B. & Hansen, H. 1994. Krepsdyr og bunndyr i sure vann i Østfold. NINA Oppdragsmelding 335. 29 s.
- Walseng, B. & Karlsen, L.R. 1997. Reetablering av forsuringsfølsomme invertebrater etter kalking av ferskvann i Østfold. NINA Oppdragsmelding 490. 32 s.
- Walseng, B. & Hesthagen, T. 2010. En historisk dokumentasjon av de ferskvannsbiologiske forholdene i Nordre Boksjø, Enningdalsvassdraget. NINA Rapport 617. 46 s.
- Walseng, B. & Hesthagen, T. 2012. Enningdalsvassdraget, en ferskvannsbiologisk dokumentasjon. Del 1- Krepsdyr. NINA Rapport 827. 50 s. + vedlegg.
- Walseng, B., Hesthagen, T., Schartau, A.K., Johansson, D. & Backstrand, A. 2011. Enningdalsvassdraget – et norsk/svensk grensevassdrag med store forsuringsproblemer. VANN 04-2011: 445-452.
- Öhman, J., Buffam, I., Englund, G., Blom, A. Lindgren, E., Laudon, H., 2006. Associations between water chemistry and fish community composition: a comparison between isolated and connected lakes in northern Sweden. Freshwat. Biol. 51: 510-522.
- Øxnevad, S.A. 1995. Prøvefiske i Nordre Boksjø. Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernavdelingen, Rapport 3-1995. 9 s.

Vedlegg

Vedlegg 1. Vannkjemiske data fra innsjøene i Enningdalsvassdraget

	NAME	Turb.	Farge	Kond-25	pH	Alk-3	Tot-P	ANC	TOC
1	Baste07	0,99	24	34,0	5,14	0,002	2,1	49	6,6
2	Tangen07	0,62	14	32,0	4,81	0	1,6	17	4,9
3	NBok 03	0,451	37	37,6	6,61	92	3,39	99	
4	Grave07	0,83	55	37,0	4,63	0	2,4	40	8,1
5	Kruk 08	2,30	89	32,0	4,67	0	5,4	42	10,3
6	StHau02	1,72	20	31,2	5,09	0	2,33	3	
7	Bratte07	0,76	23	35,0	4,64	0	2,0	13	10,5
8	Damtj_Åne 06	2,2	55	33,0	5,17	0	4,9	81	4,5
9	Orsjo02	0,561	27	47,5	6,47	66	2,87	75	
10	Lange 08	1,50	141	34,0	4,36	0	3,8	17	17,3
11	Oter 08	1,60	330	31,0	4,76	0	6,0	67	31,7
12	SBoks02	0,436	24	49,7	7,06	221	2,23	229	
13	Langv06	1,4	13	34,0	5,39	0	3,6	79	4,3
14	Krok 03	0,676	153	28,9	4,8	0	7,46	2	
15	Korstj06	2,4	17	28,0	5,01	0	4,6	45	5
16	Kutj 08	2,50	80	33,0	4,68	0	4,2	35	10,5
17	Elle 03	1,26	45	56,6	6,45	77	3,35	123	
18	Steins 0		146	39,5	4,99	0	4,82	58	
19	Gylte07	1,06	104	42,0	4,95	0	2,8	86	12,4
20	Geddel04	1,64	75	38,5	6,45	60	1,56	79	
21	Blankt06	1,7	21	31,0	5,39	0	4,2	60	4,6
22	Elgsjo04	1,65	78	37,0	6,41	75	2,05	92	
23	Mortj02	2,63	63	35	5,09	0	3,87	-9	
24	Hokksj04	2,39	138	35,3	5,22	11	9,30	14	
25	Stener07	1,47	118	64,0	5,69	0,047	13,6	175	11,2
26	Va161 08	1,30	126	43,0	4,23	0	9,6	49	14,8
27	Bordt06	1,7	51	79,0	5,91	0,03	4,1	132	7,1
28	Tresto2	0,735	5	28,3	5,12	0	2,39	-5	
29	Blank02	2,3	77	33,9	4,9	0	3,43	11	
30	Danma02	10,2	128	64,9	5,72	51	13,17	92	
31	Bronnt04	1,51	94	39,8	6,59	105	4,15	127	
32	Korns02	0,652	31	52,5	6,87	224	6	232	
33	Haug 03	3,97	158	33,8	5,8	45	33,71	112	
34	Lyse 03	2,2	146	39,9	6,64	140	6,6	217	
35	Ende07	1,92	99	122,0	6,34	0,273	13,6	421	10,0
36	Gjedd 05		63	34,5	4,81	0	2,45	31	
37	Rodsva04	1,93	41	60,6	6,90	144	6,56	138	
38	Sevtj 05		52	29,2	6,63	33	6,87	81	
39	L.ks 03	3,4	202	39,7	5,49	33	11,29	123	
40	Lang 03	3,12	57	44,7	6,47	75	4,66	130	
41	Damtj_Pål 06	0,85	41	37,0	5,92	0,03	3,7	101	7,2
42	Trollv06	1,3	29	43,0	6,1	0,04	10,4	131	4,7
43	Holmva06	1,6	81	35,0	5,97	0,04	2,8	133	8,2
44	Damle 08	1,40	105	33,0	4,98	0	4,1	54	10,9
45	Lerbek07	0,77	69	36,0	5,14	0,005	3,4	71	8,3
46	.Elg 03	2,3	160	39,2	6,05	63	11,99	153	
47	Sandv 05		57	38,6	5,85	22	3,52	83	
48	H.lv 05	1,5	13	10,6	5,13	0	0,75	-1	
49	Langev09	1,4	125	36,0	4,94	0	4,5		16,7
50	N.elg 08	1,50	166	38,0	5,34	26	15,1	113	16,8
51	Svantj09	0,91	57	34,0	5,16	0,004	3,4		9,3
52	Langet09	2,5	72	29,0	4,99	0	3,2		12

53	Klype09	0,46	105	34,0	4,9	0,007	2,2		13,4
54	Kirkev04	1,81	50	59,9	6,90	142	4,89	147	
55	Lange 05		47	47,0	5,78	8	2,72	73	
56	Aske 08	0,41	138	34,0	4,73	0	3,4	65	15,1
57	Godatj04	1,24	101	37,9	6,03	50	7,33	68	
58	Slatj 05		56	40,0	5,55	13	3,22	59	
59	nHogs 05		108	45,1	5,20	2	3,23	69	
60	S.Hogg04	0,45	29	59,1	7,27	225	1,50	215	

	NAME	Ca	Mg	Na	K	SSS	SO4	Cl	NO3
1	Baste07	0,88	0,57	3,58	0,30	180	0,99	6,48	<10
2	Tangen07	0,32	0,38	3,50	0,22	130	0,62	6,14	<10
3	NBok 03	3,03	0,48	2,93	0,32	227	3,69	5,32	7
4	Grave07	0,61	0,53	3,69	0,19	200	0,83	6,40	<10
5	Kruk 08	0,46	0,41	3,18	0,13		0,82	4,86	16,00
6	StHau02	0,85	0,49	3,35	0,31	233	3,25	5,83	13
7	Bratte07	0,29	0,39	3,48	0,24	220	0,76	6,14	<10
8	Damtjå06	0,66	0,48	3,96	0,33	270	1	5,31	20
9	Orsjo02	2,6	0,87	4,27	0,67	330	5,1	7,51	166
10	Lange 08	0,15	0,27	2,61	0,07		0,59	4,04	16,00
11	Oter 08	0,66	0,42	2,95	0,07		0,69	4,03	21,00
12	SBoks02	5,89	0,52	3	0,3	245	3,83	5,42	177
13	Langv06	0,8	0,47	3,98	0,32	270	0,92	5,74	0
14	Krok 03	0,75	0,44	2,97	0,18	206	2,94	5,11	3
15	Korstj06	0,31	0,44	3,21	0,25	310	0,74	4,83	10
16	Kutj 08	0,48	0,38	3,24	0,28		0,81	5,30	14,00
17	Elle 03	3,29	1,03	5	1,02	369	5,51	8,27	294
18	Steins 0	1,27	0,61	3,83	0,34	232	3,32	5,68	32
19	Gylte07	1,17	0,64	4,97	0,33	510	1,06	7,99	<10
20	Geddel04	2,13	0,69	3,68	0,39	254	4,26	5,85	0
21	Blankt06	0,68	0,42	3,42	0,29	370	1	5,04	20
22	Elgsjo04	2,48	0,63	3,24	0,39	234	4,06	5,25	24
23	Mortj02	1,07	0,58	3,57	0,35	274	3,91	6,8	16
24	Hokksj04	0,86	0,58	3,82	0,32	250	3,85	6,02	0
25	Stener07	2,36	1,03	7,99	1,09	590	1,47	12,6	190
26	Va161 08	0,53	0,41	3,29	0,19		0,64	5,08	16,00
27	Bordt06	2,02	0,89	10	0,56	330	1,37	16,4	0
28	Tresto2	0,45	0,41	3,39	0,32	217	2,51	5,83	4
29	Blank02	0,9	0,59	3,64	0,28	247	3,07	6,49	6
30	Danma02	2,44	1,15	7,99	0,88	495	5,48	13,49	7
31	Bronnt04	2,61	0,78	3,60	0,50	236	3,12	6,07	0
32	Korns02	5,56	0,68	3,74	0,45	275	4,14	6,52	70
33	Haug 03	1,89	0,73	3,63	0,31	208	3,22	4,97	1
34	Lyse 03	3,89	0,7	3,67	0,49	207	3,15	4,99	6
35	Ende07	5,10	1,69	15,8	1,15	520	1,92	22,8	<10
36	Gjedd 05	0,68	0,47	3,19	0,18	185	1,78	5,22	5
37	Rodsva04	3,45	0,98	5,80	0,68	384	5,14	9,49	131
38	Sevtj 05	1,49	0,54	3,00	0,33	177	1,79	4,95	5
39	L.ks 03	1,74	0,8	5,11	0,33	261	2,67	7,27	1
40	Lang 03	2,07	0,87	5,15	0,96	293	3,86	7,54	3
41	Damtj06	1,46	0,63	3,95	0,46	330	1,1	6,49	20
42	Trollv06	1,61	0,55	5,18	0,37	500	1,05	7,19	60
43	Holmva06	2,12	0,54	3,67	0,31	320	1	5,76	20
44	Damle 08	0,74	0,51	3,37	0,20		0,87	5,51	27,00
45	Lerbek07	0,94	0,61	4,15	0,21	370	0,77	6,87	<10
46	.Elg 03	2,21	0,81	4,58	0,5	236	3,35	5,9	1
47	Sandv 05	1,82	0,58	3,90	0,26	231	2,77	6,12	5
48	H.Iv 05	0,17	0,12	0,81	0,06	56	0,61	1,52	5
49	Langev09	0,18	0,47	3,98	0,65	430	0,72	6,62	<15
50	N.elg 08	1,50	0,65	3,81	0,45		1,11	5,83	47,00
51	Svantj09	0,29	0,46	4,1	0,68	270	0,83	6,59	17
52	Langet09	0,17	0,38	3,09	0,5	340	0,64	4,81	<15
53	Klype09	0,15	0,49	3,64	0,63	320	0,72	5,5	16
54	Kirkev04	3,42	0,98	5,76	0,70	372	4,85	9,28	134
55	Lange 05	1,59	0,73	5,04	0,61	301	3,35	8,20	5
56	Aske 08	0,67	0,53	3,39	0,23		0,79	5,17	28,00
57	Godatj04	1,44	0,65	4,33	0,24	252	3,35	6,45	0
58	Slatj 05	1,77	0,60	3,75	0,25	249	3,13	6,50	5
59	nHogs 05	1,49	0,63	4,99	0,28	282	3,01	7,63	56
60	S.Hogg04	5,12	0,66	4,49	0,32	297	4,35	7,19	54

	NAME	Si	Al	Tm-Al	Om-Al	Um-Al	Pk-Al
1	Baste07	0,71	315	69	50	19	
2	Tangen07	0,14	165	86	40	46	
3	NBok 03	0,61	86	18	17	1	68
4	Grave07	0,57	378	181	115	66	
5	Kruk 08	0,60	344	207	125	82	
6	StHau02	0,4	298	129	55	74	169
7	Bratte07	0,73	352	165	76	89	
8	Damtjå06	0,48	275	108	34	74	
9	Orsjo02	0,87	88	21	17	4	67
10	Lange 08	0,52	469	290	182	108	
11	Oter 08	0,81	490	330	271	59	
12	SBoks02	0,89	49	13	9	4	36
13	Langv06	0,52	143	55	21	34	
14	Krok 03	1,19	233	127	94	33	106
15	Korstj06	0,2	229	110	34	76	
16	Kutj 08	0,39	373	222	130	92	
17	Ele 03	1,66	211	29	25	4	182
18	Steins 0	1,37	290	144	103	41	146
19	Gylte07	0,64	390	146	122	24	
20	Geddel04	0,44	168	19	19	0	149
21	Blankt06	0,13	221	56	26	30	
22	Elgsjo04	0,68	183	29	29	0	154
23	Mortj02	0,68	293	128	71	57	165
24	Hokksj04	1,10	388	147	109	38	241
25	Stener07	1,55	422	85	79	6	
26	Va161 08	0,55	400	222	139	83	
27	Bordt06	0,82	185	67	41	26	
28	Tresto2	0,05	81	48	6	42	33
29	Blank02	0,78	287	143	90	53	144
30	Danma02	2,53	401	83	75	8	318
31	Bronnt04	0,45	133	19	19	0	114
32	Korns02	0,6	39	9	9	0	30
33	Haug 03	0,95	376	95	85	10	281
34	Lyse 03	0,95	353	41	40	1	312
35	Ende07	2,80	181	26	26	0	
36	Gjedd 05	0,50	195	113	65	48	82
37	Rodsva04	0,96	107	10	10	0	97
38	Sevtj 05	0,09	92	4	4	0	88
39	L.ks 03	0,93	462	142	121	21	320
40	Lang 03	0,48	106	13	12	1	93
41	Damtj06	0,19	150	49	32	17	
42	Trollv06	1,53	253	39	26	13	
43	Holmva06	0,51	223	68	50	18	
44	Damle 08	0,74	344	184	128	56	
45	Lerbek07	0,82	300	90	77	13	
46	.Elg 03	1,35	406	75	71	4	331
47	Sandv 05	0,86	227	63	50	13	164
48	H.Iv 05	0,08	57	25	10	15	32
49	Langev09	0,37	338	297	189	108	
50	N.elg 08	1,33	425	182	154	28	
51	Svantj09	0,5	206	183	120	63	
52	Langet09	0,46	249	233	148	85	
53	Klype09	0,56	236	245	153	92	
54	Kirkev04	0,98	103	11	11	0	92
55	Lange 05	0,18	196	42	35	7	154
56	Aske 08	0,83	427	253	171	82	
57	Godatj04	1,37	356	88	73	15	268
58	Slatj 05	0,90	228	94	66	28	134
59	nHogs 05	1,41	321	145	94	51	176
60	S.Hogg04	1,08	95	20	11	9	75

Vedlegg 2. Antall individ av ulike fiskearter som ble fanget på bunngarn og flytegarn i 60 innsjøer i Enningdalsvassdraget i perioden 2002-10. Det er benyttet følgende forkortelser for ulike arter: Ab=abbor, M=mort, L=lagesild, S=sik, R=røye, Au=Aure, G=gjedde, Ø=ørrekyt, H=Hork, F=Flire og B=Brasme. Nummer refererer seg til **figur 2** og **tabell 1**.

Nr	Lok	År	To- talt	Bunngarn												Flytegarn						
				Ab	M	L	S	R	A u	G	Ø	H	F	B	Ab	M	L	S	G	Au		
1	Bastelitjern	2007	0																			
2	Tangetjern	2007	0																			
3	BoksjøN	2003		472						6						86					3	
		2010																				
4	Gravedalstj	2007	0																			
5	Krukjetjern	2008	0																			
6	Haugåstjern St	2002		74						1												
7	Brattetjern	2007	0																			
8	Damtjern	2006		92																		
9	Ørsjøen	2002		330		14	8				2					35			2	1		
10	Langetjern 228	2008	0																			
11	Otertjern	2008	0																			
12	Boksjø S	2002		458				2	4			4				56						
13	Langvatn	2006	0																			
14	Kroktjern	2003		21																		
15	Korstj-216	2006	0																			
16	Kutjern	2008	0																			
17	Ellefsrødtjern	2003		149							1											
18	Stenslundtjern	2005		72						4												
19	Gyltetjern	2007	0																			
20	Geddelundtj	2004		161							2											
21	Blanktjern 206	2006	0																			
22	Elgsjø	2004		107							1											
23	Morttjern	2002		15																		
24	Hokksjø	2004		137																		
25	Stenerudtjern	2007		163	164																	
26	Korstjern 161	2008		141																		
27	Bordtjern	2006		7																		
28	Trestikket	2002		653																		
29	Blanktjern 229	2002		31																		
30	Danmark	2002		85						1												
31	Brønntjern	2004		156						2												
		2007		69																		
		2009		48						3												
		2010		167																		
		2011		230						2												
		2012		89					1													
32	Korsjø N	2002		245	390	12				2					6	33	4					
33	Haugetjern	2003		25	6					2												
34	Lysevatn	2003		170	99																	
35	Endetjern	2007		50						6												
36	St Gjeddøl. Tj	2005		6																		
37	Rødsvatn	2004		62	49							4		3								
38	Sevtjern	2005		137	181					5												
39	Løksvatn	2003		45	6					2												
40	Langtjern	2003		132	127					1												
41	Damtj/Pålsbu	2006		186																		
42	Trolldalsvatn	2006		16					2													
43	Holmvatn	2006	0																			
44	Damtjern	2008		41																		
45	Lerbekktjern	2007		14	21																	
46	Elgvatn Ø	2003		152						3												
47	Sandvatn	2005		140																		
48	Hølvatn	2005		111																		
49	Langevatn	2009		57						1												
50	Elgvatn Nedre	2008		79																		
51	Svanetjern	2009		87																		
52	Langetjern	2009		39																		
53	Klypetjern	2009	0																			
54	Kirkevatn	2004		51	33								12	3								
55	Langvann	2005		108						1												
56	Asketjern	2008		55																		
57	Godavatn	2004		58																		
58	Slatjern	2005		95						1												
59	Hogssjø Nord	2005		42					2													
60	Hogssjø Sør	2004		125					2						4							
	Totalt																					



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2875-6

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger